



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE MINERAÇÃO E GEOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EXPLORAÇÃO PETROLÍFERA E MINERAL

RANIERI BELMIRO DE ALMEIDA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DE ROCHAS ORNAMENTAIS DA PROVÍNCIA
BORBOREMA - QUARTZITOS COLORIDOS DO SERIDÓ PARAIBANO**

PROF^a. DR^a. ELISSANDRA NASCIMENTO DE MOURA LIMA
ORIENTADORA

CAMPINA GRANDE, PB

2021

RANIERI BELMIRO DE ALMEIDA

**CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DE ROCHAS ORNAMENTAIS DA PROVÍNCIA
BORBOREMA - QUARTZITOS COLORIDOS DO SERIDÓ PARAIBANO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Exploração Petrolífera e Mineral, da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento às exigências legais para obtenção do título de Mestre.

Área de Concentração:
Exploração Petrolífera e Mineral

Orientador (a):
Prof^a. Dr^a. Elissandra Nascimento
de Moura Lima

CAMPINA GRANDE, PB

2021

- A447c Almeida, Ranieri Belmiro de.
Caracterização tecnológica de rochas ornamentais da Província Borborema - quartzitos coloridos do Seridó Paraibano / Ranieri Belmiro de Almeida. - Campina Grande, 2021.
59f. : il. Color
- Dissertação (Mestrado em Exploração Petrolífera e Mineral) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2021.
"Orientação: Profa. Dra. Elissandra Nascimento de Moura Lima".
Referências:
1. Rochas Ornamentais. 2. Revestimento. 3. Caracterização Tecnológica. 4. Quartzitos. 5. Seridó Paraibano. I. Lima, Elissandra Nascimento de Moura. II. Título.

CDU 552.2(043)



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
 POS-GRADUACAO EXP. PETROLIFERA E MINERACAO
 Rua Aprigio Veloso, 882, - Bairro Universitario, Campina Grande/PB, CEP 58429-900

FOLHA DE ASSINATURA PARA TESES E DISSERTAÇÕES

Ranieri Belmiro de Almeida

CARACTERIZAÇÃO
TECNOLÓGICA DE ROCHAS
ORNAMENTAIS DA PROVÍNCIA
BORBOREMA – QUARTZITOS
COLORIDOS DO SERIDÓ
PARAIBANO.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em exploração petrolífera e mineral - PPGEPM-UFCG como pré-requisito para obtenção do título de Mestre em exploração petrolífera e mineral.

Aprovado em: 20/12/2021

Profa. Dra. Elissandra Nascimento de Moura Lima - Orientadora - UFCG

Dr. Maria Angélica Batista Lima - Examinadora Externa - CPRM

Dr. Francisco Wilson Hollanda Vidal - Examinador Externo - CETEM

 Documento assinado eletronicamente por **MARIA ANGÉLICA BATISTA LIMA, Usuário Externo**, em 23/12/2021, às 08:38, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).

 Documento assinado eletronicamente por **ELISSANDRA NASCIMENTO DE MOURA LIMA, COORDENADOR(A)**, em 23/12/2021, às 16:40, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).

 Documento assinado eletronicamente por **Francisco Wilson Hollanda Vidal, Usuário Externo**, em 27/12/2021, às 13:11, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.ufcg.edu.br/autenticidade>, informando o código verificador 2034897 e o código CRC **AAF6DFE7**.



REGISTRO DE PRESENÇA E ASSINATURAS

Defesa N° 40

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO PARA CONCESSÃO DO GRAU DE MESTRE EM EXPLORAÇÃO PETROLIFERA E MINERAL

DATA DA DEFESA: 20/12/2021

CANDIDATO: **Ranieri Belmiro de Almeida.**

Orientadora: Profa. Dra. Elissandra Nascimento de Moura Lima. (CPF:036.117.904.94)

BANCA EXAMINADORA: (nomes completos, CPF)

Examinadora: Profa. Dra. Elissandra Nascimento de Moura Lima (CPF: 036.117.904.94) (Presidente)

Examinadora: Dra. Maria Angélica Batista Lima (CPF:169.335.593.00)

Examinador: Dr. Francisco Wilson Hollanda Vidal (CPF:245.748.997.00)

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DE ROCHAS ORNAMENTAIS DA PROVÍNCIA BORBOREMA – QUARTZITOS COLORIDOS DO SERIDÓ PARAIBANO.

LOCAL: Plataforma Google Meet, em razão das suspensão das atividades presenciais causada pela pandemia do Covid-19.

HORA DE INÍCIO: 16:00h

Em sessão pública, após exposição de cerca de 60 minutos, o candidato foi arguido oralmente pelos membros da banca tendo como resultado:

APROVADO com louvor

APROVADO COM RESTRIÇÕES – as exigências que constam na folha de modificações em anexo devem ser atendidas em prazo fixado pela banca (não superior a 90 dias)

NÃO APROVADO

FOLHA DE MODIFICAÇÃO DE ATA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Modificações sugeridas na dissertação de Mestrado do candidato Ranieri Belmiro de Almeida.

Dissertação N° 40, realizada no dia 20 de dezembro de 2021

As modificações sugeridas foram as seguintes:

Foram sugeridas modificações ao discente e serão enviadas também por escrito, via email. Tais sugestões serão consideradas para a elaboração do texto final da dissertação.

O prazo para o cumprimento das exigências é de até 60 dias, sendo responsável a professora: Elissandra Nascimento de Moura Lima.

Dentro do prazo determinado pela banca, a orientadora deverá apresentar certidão neste processo, atestando o cumprimento das exigências por parte do aluno;

Na forma regulamentar foi lavrada a presente ata que é abaixo assinada pelos membros da banca e pelo candidato:

Campina Grande, 20 de dezembro de 2021.

CARLOS ALBERTO BEZERRA DOS SANTOS
 Secretário
 ELISSANDRA NASCIMENTO DE MOURA LIMA, DRA., UFCG
 Presidente da Comissão e Orientadora
 MARIA ANGÉLICA BATISTA LIMA, DRA., CPRM
 Examinadora Externa
 FRANCISCO WILSON HOLLANDA VIDAL, DR., CETEM
 Examinador Externo
 RANIERI BELMIRO DE ALMEIDA
 Candidato

2 - APROVAÇÃO

2.1. Segue a presente Ata de Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato **Ranieri Belmiro de Almeida**, assinada eletronicamente pela Comissão Examinadora acima identificada.

2.2. No caso de examinadores externos que não possuam credenciamento de usuário externo ativo no SEI, para igual assinatura eletrônica, os examinadores internos signatários certificam que os examinadores externos acima identificados participaram da defesa da tese e tomaram conhecimento do teor deste documento.

-  Documento assinado eletronicamente por **RANIERI BELMIRO DE ALMEIDA, Usuário Externo**, em 21/12/2021, às 13:27, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).
-  Documento assinado eletronicamente por **MARIA ANGÉLICA BATISTA LIMA, Usuário Externo**, em 23/12/2021, às 08:40, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).
-  Documento assinado eletronicamente por **ELISSANDRA NASCIMENTO DE MOURA LIMA, COORDENADOR(A)**, em 23/12/2021, às 16:40, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).
-  Documento assinado eletronicamente por **Francisco Wilson Hollanda Vidal, Usuário Externo**, em 27/12/2021, às 13:12, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).
-  Documento assinado eletronicamente por **CARLOS ALBERTO BEZERRA DOS SANTOS, ASSISTENTE EM ADMINISTRACAO**, em 27/12/2021, às 13:15, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.ufcg.edu.br/autenticidade>, informando o código verificador **2034832** e o código CRC **080D06D**.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01. Mapa de localização dos municípios paraibanos de Várzea e Junco do Seridó, cujas amostras de quartzitos foram coletadas para caracterização neste trabalho.	16
Figura 02. Amostras coletadas nas serras da Poção (Várzea) e Carneira (Junco do Seridó), para ensaios tecnológicos.	17
Figura 03. Como exemplo, imagens que ilustram o processo de análises petrográficas de amostras (PTR-03 AMRL e PTR-02 RESC).	18
Figura 04. (A) Modelos de elipsóides de anisotropia de suscetibilidade magnética (Gomes & Sant`Ovaia, 2015) e (B) representação em elipsóide de suscetibilidade em estereograma. Notar que o eixo K_{max} (ou k_1) representa a lineação magnética, enquanto o eixo k_{min} (ou k_3) representa o polo do plano de foliação magnética, onde k_1 e k_2 estão contidos. É a relação entre esses três eixos que resulta na forma do elipsóide magnético: oblato ou prolato (Modificado de Lyra & Bitencourt, 2016).	19
Figura 05. Medição de suscetibilidade magnética com equipamento tipo Kappameter KT-09 simulando análise em fragmento de rocha.	19
Figura 06. Procedimento para aquisição de dados de condutividade térmica e associações. (Modificado de Figueiredo et al., 2008).	20
Figura 07. Alguns dos ensaios prévios tecnológicos realizados em quartzitos pelo GEBMBS: A) Resistência a compressão Uniaxial (Barbosa Neto, 2016), B) Resistência a Flexão em 03 e 04 pontos (Freitas, 2016), C) Porosidade (Cirilo, 2016) e, D) Radiação Ultravioleta (Albuquerque, 2017).	22
Figura 08. Arcabouço geológico do extremo nordeste da Província Borborema, segundo Medeiros (2013), com ênfase no Domínio Rio Piranhas - Seridó.	23
Figura 09. Composição representativa da composição modal em gráficos circulares das 8 litologias estudadas.	25
Figura 10. Conjunto de todas as medidas de suscetibilidade magnética (K), obtidas para as oito amostras de quartzitos coloridos, tomados na superfície da rocha .	26
Figura 11. Susceptibilidades magnéticas médias na superfície das amostras (A) e no eixo lateral (B). Nota-se uma grande diferença em termos absolutos nos valores obtidos nos dois casos.	26
Figura 12. Representação dos resultados de condutividade térmica obtidos em cada uma das 8 tipologias de cores dos quartzitos Paraibanos. Nota-se grande contraste entre os tipos azul e cinza em comparação ao rosa claro.	27
Figura 13. Dados comparativos entre capacidade térmica (A) e difusibilidade (B) nos quartzitos coloridos.	27

Figura 14a. Resultados analíticos (em ppm) dos quartzitos analisados: AQM-01RCLR (rosa claro), AQM-02RESC (rosa escuro), AQM-03AMRL (amarelo), AQM-04CNZA (cinza).	28
Figura 14b. Representação gráfica dos resultados analíticos com concentrações em ppm (partes por milhão) dos quartzitos analisados: AQM-05VRDE (verde), AQM-06BLK (branco), AQM-07AZL (azul) e AQM-08PRT (prateado).	29
Figura 15. Representação gráfica dos resultados analíticos com concentrações em percentual, dos quartzitos analisados: AQM-01RCLR (rosa claro), AQM-02RESC (rosa escuro), AQM-03AMRL (amarelo), AQM-04CNZA (cinza), AQM-05VRDE (verde), AQM-06BLK (branco), AQM-07AZL (azul) e AQM-08PRT (prateado).	30
Figura 16a. Radiação ultravioleta em quartzitos do Seridó Paraibano, baseada em Albuquerque, 2017.	30
Figura 16b. Levantamento de dados de ensaios tecnológicos obtidos pelo GEBMBS (Cirilo, 2016; Barbosa Neto, 2016; Freiras, 2016).	31
Figura 17. Difusibilidade térmica medida experimentalmente em função da temperatura (Modificado de Mongelli et al., 1982).	34
Figura 18. Relações entre condutividade térmica e conteúdo de quartzo em quartzitos coloridos do Seridó Paraibano.	35
Figura 19. Parâmetros térmicos de condutividade, difusibilidade e calor específico para as amostras de quartzitos coloridos de Várzea e Junco do Seridó, Paraíba.	35
Figura 20. Valores de condutividade térmica, difusibilidade e capacidade térmica entre amostras de rochas quartzíticas do Seridó Paraibano em contraposição Aos granitos, mármore e calcários da região de Évora, Portugal.	36
Figura 21. Susceptibilidades magnéticas obtidas em amostras de quartzitos coloridos de Várzea e Junco do Seridó.	37
Figura 22. Ensaios de porosidade aparente nas amostras de quartzito do Seridó Paraibano. Ao lado, observa-se um dos corpos de prova cilíndricos (quartzito cinza), (Cirilo, 2016).	38
Figura 23. Análise comparativa da porosidade entre os quartzitos do Seridó Paraibano, quartzitos de São Tomé das Letras e Luminárias, em Minas Gerais além de granitos, mármore e calcários portugueses. As diferenças de valores absolutos observados nos quartzitos paraibanos devem-se às anisotropias estruturais e mineralógicas (minerais de intemperismo) mais evidentes nestes em detrimento dos demais.	39
Figura 24. Efeito da ação da luz ultravioleta (UV), do estudo de Albuquerque (2017), sobre as amostras de quartzitos coloridos através do uso de equipamento QUV/spray, o qual reproduz os danos causados pela luz do	40

sol, chuva e orvalho. (A) Qtzo Verde, (B) Qtzo Branco, (C) Qtzo Amarelo, (D) Qtzo Rosa Escuro, (E) Qtzo Rosa Claro, (F) Qtzo Cinza e (G) Qtzo Azul.

Figura 25. Estrutura do Martelo de Schimdt modelo Proceq Tradicional portátil (esquerda) e ensaio de resistência em pontos de quartzito com martelo de Schimdt, propriedade da UFCG/UAMG. (Barbosa Neto, 2016).	41
Figura 26. Resistência a Compressão Uniaxial em quartzitos Paraibanos (Barbosa Neto, 2016).	41
Figura 27. Dados tratados de resistência flexural de 3 e 4 pontos obtidos por Freitas (2016); ensaiados com os quartzitos coloridos de Várzea e Junco do Seridó, Paraíba. Para os ensaios da Resistência a Flexão em 3 Pontos, a distância entre os roletes foi de 0.20m, largura dos corpos de prova 0.10m e a espessura dos corpos de prova 0.05m. As características dos corpos de prova para os ensaios de resistência à flexão em 04 pontos foram distância entre os roletes foi de 0.38, largura dos corpos de prova 0.10m e a espessura dos corpos de prova 0.03m.	42
Figura 28. Análise comparativa entre os quartzitos coloridos de Várzea e Junco do Seridó, Paraíba ensaiados para caracterização neste trabalho de pesquisa (Almeida, 2001) e àqueles quartzitos caracterizados por Souza <i>et al.</i> , 2001.	43
Figura 29. Quadro-resumo dos parâmetros físico mecânicos do quartzito rosa escuro.	48
Figura 30. Quadro-resumo dos parâmetros físico mecânicos do quartzito rosa claro.	49
Figura 31. Quadro-resumo dos parâmetros físico mecânicos do quartzito azul.	50
Figura 32. Quadro-resumo dos parâmetros físico mecânicos do quartzito amarelo.	51
Figura 33. Quadro-resumo dos parâmetros físico mecânicos do quartzito verde.	52
Figura 34. Quadro-resumo dos parâmetros físico mecânicos do quartzito branco.	53
Figura 35. Quadro-resumo dos parâmetros físico mecânicos do quartzito cinza.	54
Figura 36. Quadro-resumo dos parâmetros físico mecânicos do quartzito prata.	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 01. Amostras de rocha coletadas, em municípios paraibanos, para caracterização tecnológica.	17
Tabela 02. Características gerais do método analítico de "Espectrometria de Massa por Plasma Acoplado Indutivamente".	21
Tabela 03. Elementos químicos analisados por ICP MS, com seus respectivos limites de detecção.	21
Tabela 04. Síntese da descrição petrográfica das amostras de quartzito com foco na composição modal por estimativa visual bem como nomenclatura das litologias.	25
Tabela 05. Medições de susceptibilidade magnética (K), na superfície das amostras de quartzitos.	25
Tabela 06. Quadro-resumo da susceptibilidade magnética (K), medida no eixo lateral das amostras de quartzito.	26
Tabela 07. Condutividade térmica média de rochas e minerais (modificado de Buntebarth, 1984; Fowler, 1990; Young, 1992).	34
Tabela 08. Condutividade térmica e densidade médias de rochas (Modificado de Buntebarth, 1984; Fowler, 1990; Young, 1992).	34
Tabela 09. Efeito da ação da luz ultravioleta (UV), do estudo de Albuquerque (2017), sobre as amostras de quartzitos coloridos através com uso de equipamento QUV/spray, que reproduz os danos causados pela luz do sol, chuva e orvalho. (A) Qtzo Verde, (B) Qtzo Branco, (C) Qtzo Amarelo, (D) Qtzo Rosa Escuro, (E) Qtzo Rosa Claro, (F) Qtzo Cinza e (G) Qtzo Azul.	40
Tabela 10. Características físico-mecânicas das rochas a partir dos resultados dos ensaios para os litotipos mais utilizados na construção civil (Modificado de Henrique & Tello (2006).	44
Tabela 11. Síntese de dados obtidos com ensaios laboratoriais para caracterização tecnológica dos quartzitos coloridos de Várzea e Junco do Seridó, interior Paraíba.	44
Tabela 12. Resumo das aplicações mais adequadas para rocha revestimentos dos quartzitos coloridos.	44

JUSTIFICATIVA

Este trabalho acadêmico encontra-se formatado como artigo científico a ser publicado em revista científica especializada; estando a versão final associada às contribuições proferidas pela banca examinadora, no ato da defesa da dissertação.

A formatação atual atende a Resolução nº 01/2013 (processo 23096.017076/12-98), deliberada e aprovada pela Câmara Superior de Pós-Graduação, do Conselho Universitário da UFCG, a qual “estabelece o regulamento e a estrutura acadêmica do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Exploração Mineral e Petrolífera, ministrado pelo Centro de Tecnologia e Recursos Naturais - CTRN”, nos artigos e parágrafos que seguem:

“SUBCAPÍTULO III DO REGIME DIDÁTICO-CIENTÍFICO

Seção VII Da Dissertação

Art. 55. O aluno, no ato de defesa, deverá assinar documento no qual se compromete a entregar, à Coordenação do Programa, uma cópia impressa da Dissertação e uma outra em meio eletrônico, em texto formatado segundo normas estabelecidas por revista especializada, com corpo editorial, estendendo este compromisso à submissão do Trabalho para publicação em revista também especializada.”

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	
LISTA DE TABELAS	
JUSTIFICATIVA	
RESUMO	12
ABSTRACT	13
1. INTRODUÇÃO	13
2. ASPECTOS GERAIS E DE LOCALIZAÇÃO	15
3. METODOLOGIA	16
3.1. Coleta de Amostras	17
3.2. Análise Petrográfica	17
3.3. Anisotropia de Susceptibilidade Magnética	18
3.4. Condutividade Térmica e Associações	19
3.5. Análise Geoquímica	21
3.6. Ensaio Tecnológico Físico - Mecânicos	22
4. CONTEXTO GEOLÓGICO	22
5. RESULTADOS	24
5.1. Análise Petrográfica	24
5.2. Susceptibilidade Magnética	25
5.3. Condutividade Térmica e Associações	27
5.4. Análise Geoquímica	27
5.5. Ensaio Tecnológico Físico - Mecânicos	30
6. DISCUSSÕES	31
6.1. Análise Petrográfica	31
6.2. Análise Química	33
6.3. Condutividade Térmica e Associações	33
6.4. Anisotropia de Susceptibilidade Magnética	36
6.5. Integração de Parâmetros Físico-Mecânicos	37
6.5.1. Porosidade	38
6.5.2. Radiação Ultravioleta	39
6.5.3. Resistência a Compressão Uniaxial	40
6.5.4. Resistência a Flexão em 3 e 4 Pontos	42
7. CONCLUSÕES	45
AGRADECIMENTOS	56
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56

CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DE ROCHAS ORNAMENTAIS DA PROVÍNCIA BORBOREMA - QUARTZITOS COLORIDOS DO SERIDÓ PARAIBANO

Ranieri Belmiro de Almeida^a & Elissandra Nascimento de Moura Lima^{a,b}

^aPrograma de Pós-Graduação em Exploração Mineral e Petrolífera (PPGEPM), Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande/PB, Brasil

^bUnidade Acadêmica de Mineração e Geologia (UAMG/UFCG)

Autor para correspondência: Ranieri Almeida
E-mail: ranieri.strauss@hotmail.com

RESUMO

As rochas ornamentais têm sido usadas pela humanidade desde a aurora da civilização humana, durante o período paleolítico/neolítico. Devido a beleza estética, o uso de mármore, granitos e outras rochas na arquitetura moderna aumenta todos os anos no mundo inteiro. O setor de rochas ornamentais (prospecção, produção, extração e beneficiamento) configura-se numa indústria em constante expansão. O Brasil é um dos maiores *players* mundiais com portfólio amplo composto por granitos, ardósias, serpentinitos, metaconglomerados, mármore e quartzitos, etc. As regiões Sudeste e Nordeste são as principais produtoras, com destaque para os estados do Espírito Santo e Minas Gerais (Sudeste) e Bahia, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco (Nordeste). A presente pesquisa traz a caracterização tecnológica de oito amostras de quartzitos coloridos (azul, verde, cinza, rosa claro, rosa escuro, branco, amarelo e prateado), da região de Junco do Seridó e Várzea, Seridó Paraibano, submetidas a ensaios laboratoriais para obtenção de suas melhores aplicabilidades como revestimento. Assim, foram realizados ensaios de susceptibilidade magnética, condutividade térmica, análise geoquímica, descrições petrográficas e integração com dados de porosidade, radiação ultravioleta, resistência à flexão em três e quatro pontos além de resistência à compressão uniaxial. Um parâmetro de elevada importância para o conforto térmico, a condutividade térmica, apresentou variação entre 1.91 W/m.K (quartzito rosa claro) a 4.25 W/m.K (quartzito cinza). A petrografia classificou esse litotipo como um quartzito pouco deformado, variações composicionais com predominância das micas (lepidolita, muscovita, fuchsite); e ocorrências de minerais secundários e acessórios como feldspato, apatita, zircão, epidoto, turmalina, magnetita, calcita, dentre outros. Os ensaios de resistência por flexão em 3 (RF3) e 4 (RF4) pontos evidenciaram maiores resistências para os quartzitos cinza (43.47MPa@RF3 e 160.65MPa@RF4) e branco (22.22MPa@RF3 e 119.83MPa@RF4). As menores porosidades medidas, 2.90% e 2.70%, também foram nessas colorações de quartzito, cinza e branco, respectivamente. Os elementos estruturais como planos de xistosidade proeminente e foliação marcaram os altos valores obtidos na anisotropia de susceptibilidade magnética, nos quartzitos prata, branco e rosa escuro (0.094×10^{-3} SI, 0.080×10^{-3} SI e 0.079×10^{-3} SI, respectivamente). A radiação ultravioleta, a qual simulou o desgaste das peças por intempéries, mostrou-se elevada para os quartzitos verde, amarelo e cinza. A análise química mostra uma relação do conteúdo de sílica com a condutividade térmica, sendo K, Al, Na, Fe, alguns dos principais elementos e, secundariamente; Li, La, Y, Ga, Cs. Os ensaios de resistência à compressão uniaxial, revelaram maiores valores para as litofácies nas cores cinza (225MPa) e azul (220MPa). Com base nos resultados obtidos, os quartzitos de Junco do Seridó e Várzea, apresentam forte viés estético e enquadramento como rochas de revestimento ambientes internos e externos, porém, no âmbito dos revestimentos externos a sua aplicabilidade pode ser limitada por localização geográfica e características técnicas e climáticas severas.

Palavras-chave: rochas ornamentais, revestimento, caracterização tecnológica, quartzitos, Seridó Paraibano.

ABSTRACT

The ornamental stones have been used by humanity since the dawn of human civilization, during the Paleolithic/Neolithic period. Due to its aesthetic beauty, the use of marble, granite and other rocks in modern architecture increases every year around the world. The ornamental stone sector (prospecting, producing, extracting and processing) is an industry in constant expansion. Brazil is one of the world's largest players with a broad portfolio comprising granite, slate, serpentinite, metaconglomerates, marble and quartzite, etc. The Southeast and Northeast regions are the main producers, with emphasis on the states of Espírito Santo and Minas Gerais (Southeast) and Bahia, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, and Pernambuco (Northeast). This research brings the technological characterization of eight colored quartzite samples (blue, green, gray, light pink, dark pink, white, yellow, and silver) from the region of Junco do Seridó and Várzea, Seridó Paraibano, submitted to the laboratory tests for obtaining its best applicability as a coating. For this purpose, magnetic susceptibility, thermal conductivity, geochemical analysis, petrographic descriptions and integration with data on porosity, ultraviolet radiation, flexural strength at three and four points and uniaxial compression strength were performed. An important parameter for the comfort is the thermal conductivity which one has ranged from 1.91W/ m.K (light pink quartzite) to 4.25 W/m.K (gray quartzite). Petrographic studies have classified this lithotype, as a slightly deformed quartzite, with compositional variations only regarding to the predominance of micas such as lepidolite, muscovite, fuchsite; and occurrences of secondary and accessory minerals such as feldspar, apatite, zircon, epidote, tourmaline, magnetite, calcite, and others. The flexural strength tests at 3 (RF3) and 4 (RF4) points showed higher strengths for gray (43.47MPa@RF3 and 160.65MPa@RF4) and white (22.22MPa@RF3 and 119.83MPa@RF4) quartzites. The smallest measured porosities, 2.90% and 2.70%, were also in these quartzite, gray and white colors, respectively. The structural elements present as prominent schistosity planes and foliation marked the high values obtained in the magnetic susceptibility anisotropy, in silver, white and dark pink quartzites (0.094×10^{-3} SI, 0.080×10^{-3} SI and 0.079×10^{-3} SI, respectively). An ultraviolet radiation, whose simulation evaluated the weathering in the stones, is shown to be high for green, yellow and gray quartzite. Chemical analysis have showed a relationship between silica content and thermal conductivity, with K, Al, Na, Fe being some the most importante elements in terms of concentration and, secondarily; Li, La, Y, Ga, Cs. The uniaxial compressive strength tests revealed greater strength for lithofacies in gray (225MPa) and blue (220MPa) quartzite colors. Based on the results obtained, the quartzites from Junco do Seridó and Várzea have a strong aesthetic bias and would fit as internal and external cladding rocks, however, in the scope of external cladding, their applicability may be limited by geographic location, technical characteristics and severe weather.

Keywords: Ornamental stone, cladding, technological characterization, coloured quartzites, Seridó Paraibano.

1. INTRODUÇÃO

Segundo Vidal et al. (2013), as rochas ornamentais são materiais rochosos extraídos e beneficiados para serem utilizados com funções de revestimento, decorativas ou estruturais. Sua utilização tem acompanhado a evolução da humanidade e, devido a sua durabilidade, serve de registro dessa evolução, da cultura e dos costumes ao longo da história. Por essa

qualidade, que o homem escolheu esse material para construir estruturas e templos de forma a perdurarem muito além da própria vida e até da civilização. Sob o aspecto de material estético ou estrutural, sua utilização ao longo da história remonta-se aos hominídeos do Paleolítico, quando, pelo menos uns 300.000 anos atrás, nosso antecessor o Homem de Atapuerca (*Homo*

Heidelbergensis) cobria seus mortos com pedras ou uns 40.000 anos atrás, nosso primo do Neanderthal (*Homo Neanderthalis*) construía cúpulas funerárias e as cobria com uma lápide de calcário (caverna de *La Ferrassie*, França). Muito antes, uns 2,5 milhões de anos atrás, nossos antepassados fabricaram os primeiros utensílios conhecidos, em sílex e quartzito.

No antigo Egito, os principais materiais utilizados foram calcários e arenitos, nas pirâmides, em templos, tumbas e santuários; todavia, a anidrita e gesso foram utilizados em alguns templos e construções ao longo da costa do Mar Vermelho. Além dessas citadas, os egípcios usaram uma grande diversidade de rochas, para ornamentação, como granitos, granodioritos, basaltos, travertinos, arenitos silicificados, metagabros, gnaisses, brechas, serpentinitos, pedra-sabão e mármore, que foram aprendendo a trabalhar ao longo do tempo. Seus conhecimentos foram transmitidos para os gregos e os romanos; e a utilização de rochas para suprir às demandas existentes espalhou-se por todos os continentes.

Na Grécia, onde se desenvolveram estilos arquitetônicos refinados, a pedra começou a ser usada muito tarde. Os romanos aperfeiçoaram as técnicas construtivas dos egípcios e gregos com o uso de argamassas, cimento e concreto e, pela longa duração e extensão geográfica de seu império, deixaram muitos registros em pedra. Muitos são os monumentos e edificações romanas que se conservam até hoje ao longo da região mediterrânea, especialmente na Itália, na Espanha e em Portugal, como a cidade de Emérita Augusta (Mérida, Espanha) onde se conservam pontes, aqueduto, arco de triunfo, anfiteatro, teatro, circo, fórum e muralhas da cidade fundada em 25 a.C. O homem continuou desenvolvendo estilos arquitetônicos durante a Idade Média (ou Antiguidade Tardia) e utilizando as rochas, existindo inúmeros registros de construções monumentais no mundo. Embora o uso da pedra na arquitetura tenha sido mais intensivo na Europa, todos os povos fizeram uso dela ao longo da história, principalmente em

edificações de cunho religioso por sua durabilidade e em construções defensivas, pela sua resistência.

No Brasil, como em quase toda a América, o uso da pedra na construção só foi iniciado no período colonial e desenvolvido posteriormente.

Nos dias atuais, a atividade mineral é considerada uma das principais atividades econômicas do Brasil. Os empreendimentos mineiros em pequena escala têm crescido gradativamente nos últimos anos no Brasil, servindo de base para o fortalecimento de diversas cadeias produtivas de vários setores industriais. Segundo dados do IBRAM (2020), aproximadamente 87% dos empreendimentos mineiros em atividade no País são de micro, pequeno ou médio porte, e a produção mineral desses empreendimentos, em 2019, alcançaram 133.458 bilhões de reais.

Os micros, pequenos e médios empreendimentos, geralmente, lavram pequenos depósitos minerais e, por vezes, caracterizam-se por trabalharem com conhecimento geológico superficial, baixo grau de mecanização, maior demanda de mão-de-obra, uso de tecnologias defasadas, recursos humanos com baixa qualificação, escassez de acompanhamento técnico por profissionais habilitados, baixos investimentos, carência de recursos financeiros, gestão familiar, baixo valor agregado ao produto, pouco conhecimento de mercado, estrutura de comercialização incipiente, elevado grau de informalidade, não observância às normas de saúde, segurança do trabalho e de controle ambiental. Esse comportamento compromete a sustentabilidade social, econômica e ambiental dessas regiões e tem exigido ações para concretização, formalização e desenvolvimento de pequenos projetos sustentáveis de mineração nessas áreas, que propiciem a inovação e difusão de tecnologias apropriadas.

Os Estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte são reconhecidos pela vocação para a atividade

mineral em pequena escala, que é realizada com certo destaque na Província Borborema.

Nessa unidade geotectônica, é identificada uma vasta variedade de minerais de pegmatitos e de rochas ornamentais, em especial quartzitos, que são usados em revestimentos de fachadas, paredes internas, mesas, pisos, dentre outros. Essas rochas são de alta resistência, sendo considerado um material abrasivo, fonte de sílica para usos diversos e são utilizadas na indústria siderúrgica. O aproveitamento desses bens minerais tem forte participação da economia de municípios como Junco do Seridó e Várzea, no Estado da Paraíba.

Segundo Lima *et al.* (2017), o valor de mercado das rochas ornamentais e de revestimento passa, de maneira geral, por particularidades como cor e textura, definidoras do respectivo padrão ornamental. Contudo, não restam dúvidas de que se torna fundamental a determinação das suas características físico-mecânicas por meio de estudos e ensaios específicos, alguns de cunho tecnológico, pois permitem que as rochas sejam definidas do ponto de vista da qualidade, uso e aplicação.

De acordo com Vidal *et al.* (2017), há forte informalidade quanto à lavra desse bem mineral associado a uma escassez de profissionais

2. ASPECTOS GERAIS E DE LOCALIZAÇÃO

Os quartzitos utilizados para essa caracterização foram coletados nas lavras da Serra do Poção, no município de Várzea, e na Serra da Carneira, no município de Junco do Seridó (Figura 01).

Os municípios estão inseridos no “Polígono das Secas”, com um clima semiárido quente. Geomorfologicamente, inserem-se na Depressão Sertaneja representada por relevo com predominância de cotas relativamente baixas (240 - 300 m), com suaves ondulações e raros *inselbergs* (CPRM, 2005a).

Ambos os municípios possuem seus cursos d’água em regime de fluxo intermitente e o

qualificados para orientar os mineradores em todas as fases a serem seguidas, da prospecção à mineração, para uma lavra sustentável ambientalmente e socialmente; apesar dos esforços intermitentes e pretéritos de governo e sociedade civil em organizar e profissionalizar esse setor de rochas ornamentais, na região de Várzea e Junco do Seridó; tendo sido abertas duas cooperativas ao longo do tempo, a COOPERVERZEA (Cooperativa de Garimpeiros do Município de Várzea) e a COOPERJUNCO (Cooperativa dos Mineradores dos Municípios das Regiões do Seridó, Cariri, Curimataú do Estado da Paraíba). Adicionalmente, dificuldades recentes de obtenção/homologação de concessões minerárias, pela demora do órgão competente em deferir/indeferir pedidos antigos e anteriores à homologação do código minerário vigente, têm levado os titulares de requerimentos de exploração a iniciarem seus trabalhos sem a devida autorização da Agência Nacional de Mineração (ANM).

O objetivo deste estudo é a caracterização tecnológica de oito tipologias de quartzitos coloridos, coletados em pedreiras em atividade desses municípios paraibanos, buscando suas melhores adequações para uso como rochas de revestimento.

padrão da drenagem é do tipo dendrítico (CPRM, 2005a,b).

Segundo Silva (2011), nessas regiões, a evolução do solo é lenta, com pouca presença de matéria orgânica devido à falta d’água por estiagem prolongada. O solo das áreas mineradas é pouco desenvolvido, raso, com espessura média de 0,5 m. São predominantemente arenosos, pedregosos, com pouca diferenciação entre as camadas do perfil de intemperismo, com características do tipo Neossolo Litólico (Santos *et al.*, 2018).

A vegetação é predominantemente representada pelo Bioma Caatinga (Barbosa *et al.*, 2003). A economia, em ambos os casos, tem como

suporte principal a agricultura e pecuária. A atividade de mineração surgiu como alternativa

para alavancar o desenvolvimento econômico regional.

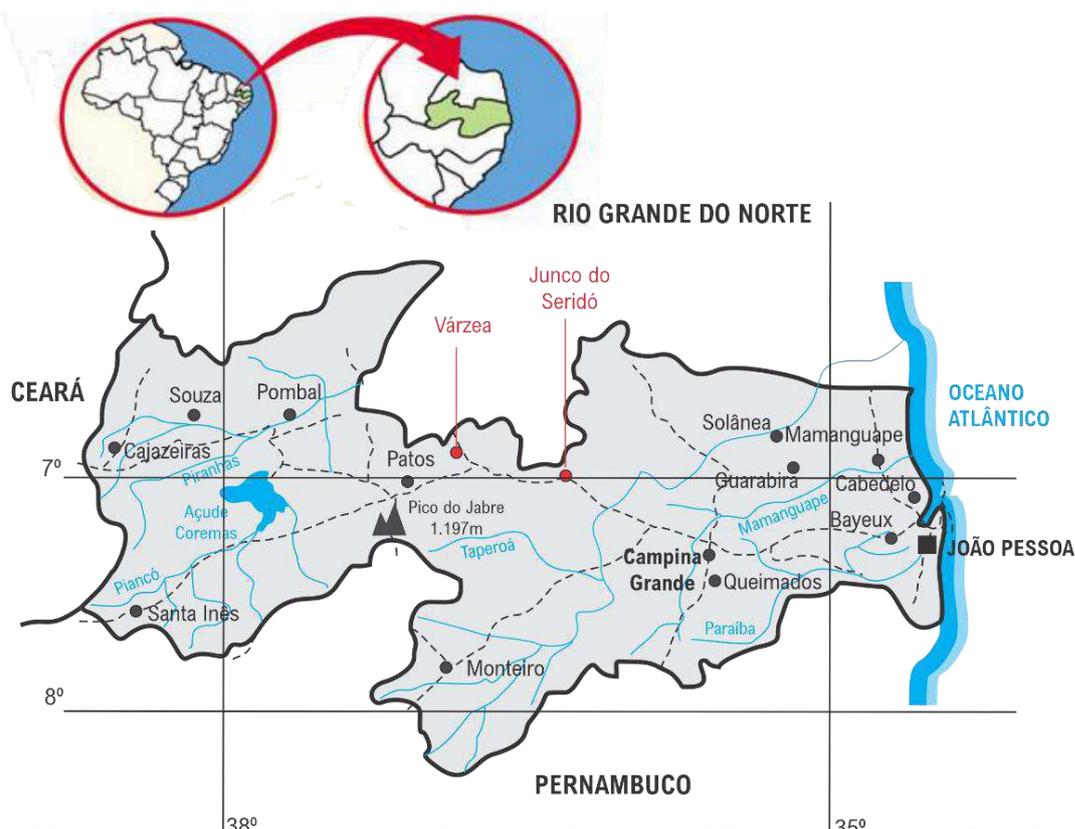


Figura 01. Mapa de localização dos municípios paraibanos de Várzea e Juncó do Seridó, cujas amostras de quartzitos foram coletadas para caracterização neste trabalho.

3. METODOLOGIA

Devido à escassez de dados qualitativos que pudessem ser usados para caracterizar os quartzitos coloridos do Seridó Paraibano para serem utilizados como rochas de revestimento, optou-se por fazer uma coleta de 8 amostras desses litotipos, com diferentes cores, as mais representativas, para serem submetidas aos seguintes ensaios laboratoriais:

- Descrições petrográficas em seções delgadas;
- Medições de susceptibilidade magnética;
- Medições de condutividade térmica, capacidade térmica e difusibilidade;
- Análise geoquímica.

Estes novos parâmetros obtidos foram integrados a dados anteriores, promovendo:

- Integração de dados com estudos anteriores como porosidade, radiação ultravioleta, resistências à flexão em três e quatro pontos e compressão uniaxial, com os ensaios tecnológicos recentes; e
- Interpretação com base em todos os parâmetros obtidos para a caracterização tecnológica dos quartzitos do Seridó Paraibano.

A integração dos dados como parâmetros de Porosidade (Cirilo, 2016), Radiação Ultravioleta (Albuquerque, 2017), Resistência à Flexão (Freitas, 2016) e Resistência à Compressão Uniaxial (Barbosa Neto, 2016) foram realizados pela base de pesquisa, oriunda de uma parceria entre o Centro de Tecnologia Mineral (CETEM/MCTI) e a Unidade Acadêmica de Geologia e Mineração (UAMG/UFCG).

3.1. Coleta de Amostras

Foram coletadas 8 amostras de diferentes cores de quartzitos (Tabela 01), e ilustradas na figura 02.

Tabela 01. Amostras de rocha coletadas, em municípios paraibanos, para caracterização tecnológica.

COR DO QUARTZITO	PEDREIRA	MUNICÍPIO
AMARELO	SERRA DO POÇÃO	VÁRZEA, PB 
AZUL	SERRA DO POÇÃO	
BRANCO	SERRA DO POÇÃO	
CINZA	SERRA DO POÇÃO	
ROSA CLARO	SERRA DA CARNEIRA	JUNCO DO SERIDÓ, PB 
ROSA ESCURO	SERRA DA CARNEIRA	
VERDE	SERRA DA CARNEIRA	
PRATA	SERRA DA CARNEIRA	



Figura 02. Amostras coletadas nas serras da Poção (Várzea) e Carneira (Junco do Seridó), para ensaios tecnológicos.

3.2. Análise Petrográfica

As lâminas petrográficas foram confeccionadas no Laboratório de Laminação do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (LAMIN-UFRN), e analisadas nos laboratórios de Microscopia da Unidade

Acadêmica de Mineração e Geologia da Universidade Federal de Campina Grande (UAMG-UFCG) e Geologia Sedimentar da Universidade Federal do Rio de Janeiro (LAGESED-UFRJ).

As análises petrográficas de lâminas delgadas, por luz transmitida, foram realizadas com o objetivo de identificar e descrever as principais características e feições da rocha, tais como textura, estrutura, mineralogia, inclusões, reações metamórficas e intempéricas.

A composição modal foi estimada a partir de cinco visadas em porções distintas da lâmina com a objetiva de menor aumento. As lâminas delgadas usadas para a descrições possuem comprimento de 6 cm e largura de 3 cm.

As análises microscópicas foram realizadas por luz transmitida utilizando-se microscópio Zeiss® Axioskop 40, com objetivas de 1.25x, 2.5x, 5x, 10x, 20x e 50x.

As fotomicrografias foram obtidas com uma câmera digital Zeiss® acoplada ao microscópio.

A figura 03 representa o processo de descrição petrográfica utilizado, tomando duas amostras como exemplo.

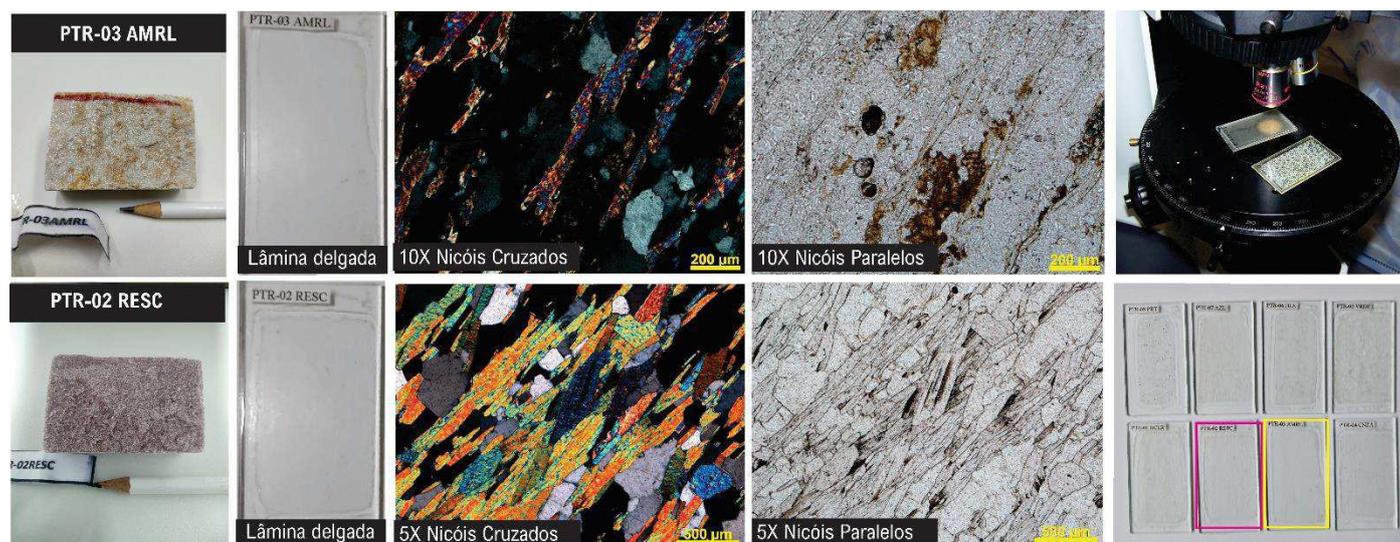


Figura 03. Como exemplo, imagens que ilustram o processo de análises petrográficas de amostras (PTR-03 AMRL e PTR-02 RESC).

3.3. Anisotropia de Susceptibilidade Magnética

O método da Anisotropia da Susceptibilidade Magnética (ASM) é usado para qualificar ou prever os comportamentos dinâmicos das rochas. A ASM fornece informações relativas aos *fabrics* das rochas, calculando a distribuição média dos *subfabrics* de cada mineral (Borradaile & Jackson, 2010; Bouchez, 2000).

O estudo da ASM permite a análise sistemática de um maciço, pelo que proporciona dados direcionais (lineação e foliação magnética) que podem ser relacionados com aqueles da lineação e foliação magmáticas. Para além destes, podem obter-se também parâmetros qualitativos que estão relacionados com a composição química das rochas e com a taxa de deformação que sofreram (Sant'Ovaia & Noronha, 2003).

Os materiais que constituem os maciços rochosos possuem características físicas que são função da sua origem e dos processos geológicos a que eles foram submetidos ao longo do tempo. Do efeito destes processos resulta uma litologia particular. Para conhecer a litologia das rochas impõe estudar as características como a cor, o tamanho dos minerais constituintes, características químicas e propriedades petrofísicas tais como a susceptibilidade magnética. Sendo que para todos os materiais com propriedades magnéticas a temperaturas superiores ao zero absoluto (0°K), é possível, através da análise das propriedades magnéticas das rochas medidas em escala laboratorial, obter várias informações relativas à constituição do maciço rochoso como clivagem, microfissuras, lineação, xistosidade e demais discontinuidades lineares (anisotropias).

O valor da susceptibilidade magnética é adimensional, uma vez que a magnetização gerada é lida em Ampere por metro (A/m) e o campo magnético é também lido em Ampere por metro (A/m).

A ASM é uma propriedade dos minerais, que pode ser descrita em termos de representação

gráfica por um elipsóide com três eixos (k_{1max} , k_{2int} , k_{3min}), e o valor médio correspondente à susceptibilidade média (k) (Figura 04). A ASM fornece informações relativas aos *fabricas* das rochas, calculando a distribuição média dos *subfabricas* de cada mineral (Borradaile & Jackson, 2010, Bouchez, 2000).

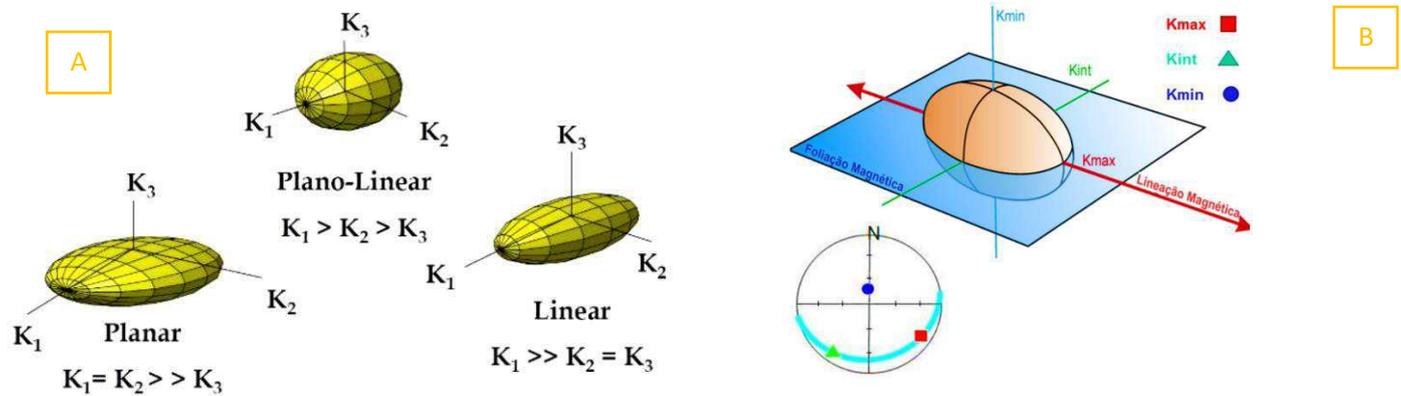


Figura 04. (A) Modelos de elipsóides de anisotropia de suscetibilidade magnética (Gomes & Sant'Ovaia, 2015) e (B) representação em elipsóide de suscetibilidade em estereograma. Notar que o eixo K_{max} (ou k_1) representa a lineação magnética, enquanto o eixo k_{min} (ou k_3) representa o polo do plano de foliação magnética, onde k_1 e k_2 estão contidos. É a relação entre esses três eixos que resulta na forma do elipsóide magnético: oblato ou prolato (Modificado de Lyra & Bitencourt, 2016).

O procedimento de obtenção dos dados de susceptibilidade magnética foi executado com o uso de susceptibilímetro *Kappameter* modelo *KT* da marca *EXPLORATIUM* (Figura 05), de propriedade da CPRM - Núcleo Natal. A medida é dada em unidades de 10^{-3} (SI). Para cada

tablete de quartzito foram realizadas entre 03 a 06 medições, distribuídas nos vértices, arestas e centro da amostra; e o resultado obtido correspondendo à média aritmética desses valores.



Figura 05. Medição de susceptibilidade magnética com equipamento tipo *Kappameter* KT-09 simulando análise em fragmento de rocha.

3.4. Condutividade Térmica e Associações

A condutividade térmica quantifica a habilidade dos materiais em conduzir calor; dessa forma, materiais com alta condutividade térmica conduzem calor de forma mais rápida que os materiais com baixa condutividade térmica. É

uma característica específica de cada material, e depende fortemente da temperatura e da pureza do material (especialmente sob baixas temperaturas). Em geral, os materiais tornam-se mais condutores de calor com o aumento da

temperatura. Desta maneira, materiais com alta condutividade térmica são utilizados como dissipadores de calor e materiais de baixa condutividade térmica são utilizados como isolamentos térmicos.

A obtenção dos valores de condutividade pode ser feita a partir de métodos diretos ou indiretos. Os métodos diretos consistem em medições feitas em laboratório em amostras representativas ou, no campo, em poços ou com sondas. Quando as amostras não são disponíveis e medidas diretas não podem ser realizadas, a condutividade pode ser inferida a partir de dados indiretos: composição mineralógica e saturação de fluídos, correlações de perfis de poços e com outros parâmetros físicos.

A condutividade térmica da rocha depende não apenas de sua composição mineralógica, tipo e quantidade de fluídos no seu interior, densidade e porosidade (Clauser & Huenges, 1995), mas também da temperatura, pressão e condições de anisotropia. A maioria das rochas têm comportamento anisotrópico, o que origina uma preferência na direção do fluxo de calor, isto é normalmente devido ao alinhamento dos cristais dos minerais constituintes na rocha. Porém, as rochas onde seus minerais não apresentam este comportamento podem ser consideradas como corpos isotrópicos. Adicionalmente à quantificação da condutividade térmica dos quartzitos paraibanos, foi possível estabelecer, valores para difusibilidade térmica bem como calor específico/capacidade térmica.

A difusividade térmica é uma propriedade do material que expressa a qualidade desse material em difundir calor. É representada pelo símbolo α , tem dimensão de área por unidade de tempo (m^2s^{-1}). A difusividade para materiais rochosos é da ordem de $10^{-6}m^2s^{-1}$ (Buntebarth, 1984).

A capacidade térmica volumétrica (C) é outra propriedade térmica importante dos materiais. Ela é uma medida quantitativa do calor necessário para elevar uma unidade de volume do material de uma unidade de temperatura; no SI, C é expressa em $Jm^{-3}C^{-1}$. Assim, para um material sujeito a um dado fluxo de calor, quanto menor for seu valor C maior será sua variação de temperatura.

Para as medições, o equipamento utilizado foi da marca *Anter Corporation*, modelo *Quickline TM 30*, de precisão superior a 97%, e unidade de medida da condutividade térmica em W/mK , obtidas diretamente durante a medição. As medidas foram realizadas na face polida do tablete de rocha com dimensões $11cm \times 11cm \times 3cm$. Escolheu-se arbitrariamente um vértice e a partir deste, determina-se os quatro pontos de leitura em sentido horário, seguindo o procedimento usado por Figueiredo *et al.*, (2008), (Figura 06). O aparelho utilizado é de propriedade do Departamento de Geofísica Aplicada (DGEF/UFRN).

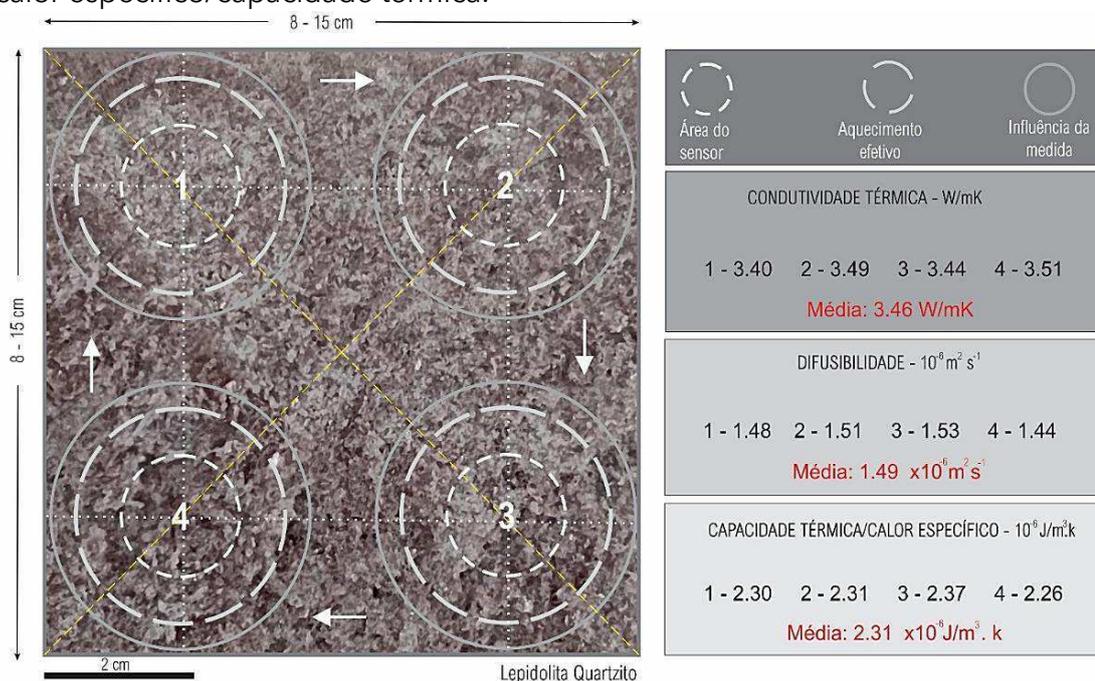


Figura 06. Procedimento para aquisição de dados de condutividade térmica e associações. (Modificado de Figueiredo *et al.*, 2008).

3.5. Análise Geoquímica

Os ensaios foram executados pela SGS Geosol Laboratórios, unidades de Goiânia/GO e Vespasiano/MG e compreenderam:

- **Preparação Física:** Secagem a 105° C, britagem de 75% a 3 mm, homogeneização, quarteamento em Jones, pulverização de 250 a 300g de amostra em moinho de aço, passante 95% @ 150mesh; e
- **Análise Química:** Determinação Multielementar por Digestão Multiácida - ICP MS (*Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry*).

A análise por ICP MS é largamente utilizada na indústria mineral. É um tipo de espectrometria de massa que é capaz de detectar metais e diversos não-metais em concentrações tão baixas como uma parte em 10¹⁵ (ppt, parte por trilhão), em determinados isótopos. A técnica envolve a ionização da amostra com plasma acoplado indutivamente e a utilização de um espectrômetro de massa para separar e quantificar esses íons. Segue um quadro-resumo (Tabela 02), de suas principais características:

Tabela 02. Características gerais do método analítico de "Espectrometria de Massa por Plasma Acoplado Indutivamente".

TÉCNICA	ELEMENTOS ANALIZADOS	LIMITE DE DETECÇÃO	VANTAGENS	DESVANTAGENS
ICP MS	Maioria dos metais e não-metais	ng L ⁻¹ (ppt)	Análise rápida, sensível, multielementar, faixa analítica ampla e bom controle de interferências	Sensível aos sólidos totais dissolvidos (STS) > 2g L ⁻¹ e à interferência isobárica

A **preparação física** utilizada para as amostras foi aquela codificada por PRP102_E-PA constituída por preparação de rotina para rocha e testemunhos de sondagem, seguida por quarteamento (tipo Jones).

A **análise geoquímica** selecionada considerou a tipologia do material, assim; optou-se pelo

método ICM40B, cuja determinação dá-se por digestão multiácida combinando ICP OES/ICP MS, para a determinação de um conjunto de 50 elementos químicos (resultados em ppm e percentual). Os elementos analisados estão listados na tabela 03.

Tabela 03. Elementos químicos analisados por ICP MS, com seus respectivos limites de detecção.

Determinação por Digestão Multiácida - ICP OES / ICP MS						PB-000022/0	
Ag	0,02 - 10 (ppm)	Al	0,01 - 15 (%)	As	1 - 10000 (ppm)	Ba	5 - 10000 (ppm)
Be	0,1 - 100 (ppm)	Bi	0,04 - 10000 (ppm)	Ca	0,01 - 15 (%)	Cd	0,02 - 10000 (ppm)
Ce	0,05 - 1000 (ppm)	Co	0,1 - 10000 (ppm)	Cr	1 - 10000 (ppm)	Cs	5 - 1000 (ppm)
Cu	0,5 - 10000 (ppm)	Fe	0,01 - 15 (%)	Ga	0,1 - 500 (ppm)	Ge	0,1 - 10000 (ppm)
Hf	0,02 - 500 (ppm)	In	0,02 - 500 (ppm)	K	0,01 - 15 (%)	La	0,1 - 10000 (ppm)
Li	1 - 50000 (ppm)	Lu	0,01 - 1000 (ppm)	Mg	0,01 - 15 (%)	Mn	0,01 - 15 (%)
Mo	0,05 - 10000 (ppm)	Na	0,01 - 15 (%)	Nb	0,1 - 1000 (ppm)	Ni	0,5 - 10000 (ppm)
P	50 - 10000 (ppm)	Pb	0,5 - 10000 (ppm)	Rb	0,2 - 10000 (ppm)	S	0,01 - 5 (%)
Sb	0,05 - 10000 (ppm)	Sc	0,5 - 10000 (ppm)	Se	2 - 1000 (ppm)	Sn	0,3 - 1000 (ppm)
Sr	0,5 - 10000 (ppm)	Ta	0,05 - 10000 (ppm)	Tb	0,05 - 10000 (ppm)	Te	0,05 - 500 (ppm)
Th	0,2 - 10000 (ppm)	Ti	0,01 - 15 (%)	Tl	0,02 - 10000 (ppm)	U	0,1 - 10000 (ppm)
V	1 - 10000 (ppm)	W	0,1 - 10000 (ppm)	Y	0,1 - 10000 (ppm)	Yb	0,1 - 1000 (ppm)
Zn	1 - 10000 (ppm)	Zr	0,5 - 10000 (ppm)				

3.6. Ensaios Tecnológicos Físico-Mecânicos

Dentro do contexto do "Projeto Integrado de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico Voltado para o Aproveitamento Racional e Sustentável de Minerais de Pegmatitos e Rochas de Quartzitos", parceria entre o Centro de Tecnologia Mineral (CETEM/MCTI) e a Unidade Acadêmica de Geologia e Mineração (UAMG/UFCG), diferentes estudos petrofísicos (Figura 07), foram previamente realizados, para a caracterização desses quartzitos, tais como:

- (i) Porosidade (Cirilo, 2016);
- (ii) Radiação Ultra Violeta (Albuquerque, 2017);



Figura 07. Alguns dos ensaios prévios tecnológicos realizados em quartzitos pelo GEBMBS: A) Resistência a compressão Uniaxial (Barbosa Neto, 2016), B) Resistência a Flexão em 03 e 04 pontos (Freitas, 2016), C) Porosidade (Cirilo, 2016) e, D) Radiação Ultravioleta (Albuquerque, 2017).

Para a porosidade, foi utilizado o UltraPoroPerm 500, da Corelab, com o método da porosimetria por expansão gasosa, medindo o volume de grãos de cada plugue, com o copo matriz. A diferença entre os volumes de grãos e total, consiste no seu volume de vazios. Para a porosidade, usou-se a razão entre o volume de vazios e o volume total.

Para a coleta de dados da radiação ultravioleta, o equipamento utilizado foi o QUV/spray da empresa Q-Lab, que realiza ensaios de resistência ao intemperismo acelerado em câmara de QUV, a qual reproduz o dano causado pela luz do sol, chuva e orvalho. Em poucos dias ou semanas, essa câmara reproduz o dano causado ao longo de meses ou anos, ao ar livre.

4. CONTEXTO GEOLÓGICO

Os quartzitos em estudo estão geologicamente situados na Província Borborema, de idade pré-

(iii) Resistência à Flexão em 03 e 04 Pontos (Freitas, 2016); e

(iv) Resistência à Compressão Uniaxial (Barbosa Neto, 2016).

Cada uma desses estudos realizados em quartzitos, de diferentes colorações, resultaram em indicações quanto aos seus usos mais adequados, como rocha ornamental. Assim, sendo, o levantamento dos resultados quantitativos/qualitativos desses ensaios, pertencentes ao GEBMBS - Grupo de Estudos de Bens Minerais para o Bem da Sociedade, está integrado e interpretado juntamente com os outros novos parâmetros obtidos e informados neste estudo.

A resistência a compressão uniaxial foi determinada através da utilização do ensaio mecânico através do método do Martelo de Schmidt, ou esclerômetro de recuo. A dureza geralmente é associada com a chamada dureza de Schmidt.

Os corpos de prova foram testados por flexão numa máquina modelo Servo Pulser da Shimadzu, para ambos os ensaios de resistência à flexão em 3 e 4 pontos.

Os ensaios do item 3.6 foram realizados com o apoio dos laboratórios de Petrofísica e Engenharia de Pavimentação da UFCG, exceto a radiação UV, a qual foi realizada no CETEM/NRES - Núcleo Regional do Espírito Santo.

cambriana, no Domínio Rio Piranhas - Seridó (DPS) (Figura 08). Os terrenos pré-cambrianos

das áreas de estudo, podem ser divididos em duas unidades fundamentais:

1. Embasamento Cristalino, associado à unidade litológica denominada como Grupo Caicó, constituído por rochas gnáissico-migmatíticas e graníticas; e
2. As coberturas metassedimentares associadas a uma unidade litológica do

Os quartzitos da área de estudo são pertencentes a essa unidade metassedimentar, denominada de Formação Equador (Faixa Seridó).

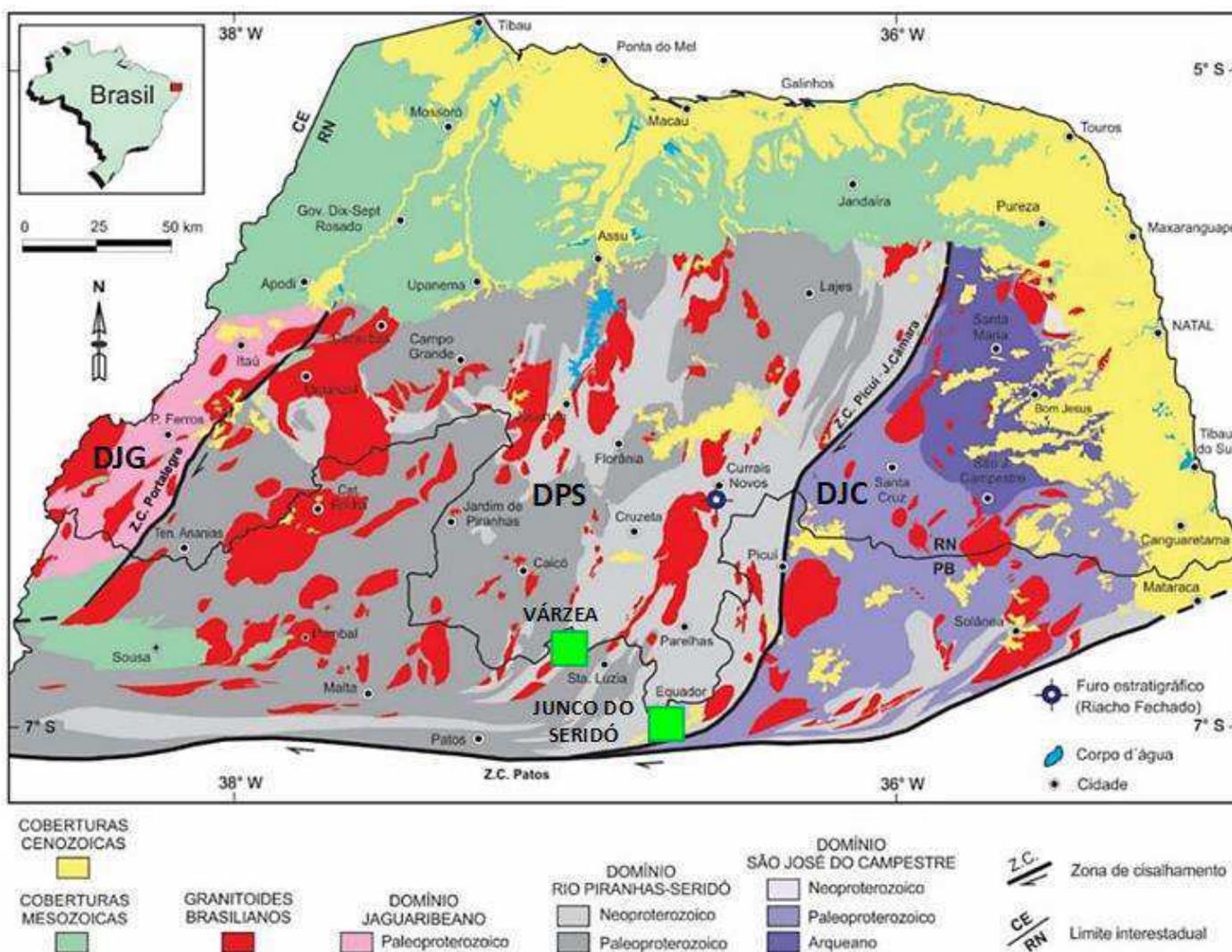


Figura 08. Arcabouço geológico do extremo nordeste da Província Borborema, segundo Medeiros (2013), com ênfase no Domínio Rio Piranhas - Seridó.

Segundo Jardim de Sá & Salim (1980), a Faixa Seridó, localizada na extremidade nordeste da Província Borborema, possui grande complexidade de feições e estruturas geológicas, além de apresentar relevante potencial mineral. Ela forma um cinturão de

rochas neoproterozóicas com direção NNE-SSW composto por:

- **Formação Jucurutu (Basal)** - Dominada por paragnaisses (biotita+epídoto paragnaisses) e intercalações de mármore, quartzitos, micaxistos,

calciossilicáticas, formações ferríferas bandadas (BIF's), metavulcânicas predominantemente básicas e metaconglomerados basais;

- **Formação Equador (Intermediária)** - Predomínio de quartzitos com intercalações de metaconglomerados, os quais são mais frequentes no topo, calciossilicáticas e paragnáisses. Possui espessura variável, podendo estar ausente em alguns setores; e
- **Formação Seridó (Topo)** - Micaxistos feldspáticos ou aluminosos, intercalações subordinadas (preferencialmente na base) de mármore, calciossilicáticas, paragnáisses, metavulcânicas básicas, quartzitos e metaconglomerados.

Todo o pacote é atribuído, pelos autores, a um megaciclo de sedimentação sem a existência de discordâncias regionais, porém essa interpretação não é consensual. A associação de mármore, formações ferríferas e a tendência calcítica-quartzítica dos paragnáisses da Formação Jucurutu (associação tipo quartzito-pelito-carbonato) é correlacionada a um ambiente marinho raso. A Formação Equador, representaria a fração terrígena deste ambiente marinho (ainda na associação quartzito-pelito-carbonato), possivelmente numa contextualização mais estável, em associação a uma área de lapso temporal, específico da bacia. Os micaxistos da Formação Seridó representariam um espesso pacote de turbiditos (com estratificação gradacional, continuidade lateral dos estratos, arranjos característicos do ciclo de *Bouma* e, mais raramente, estruturas do tipo *slump*), interpretados como depósitos flyschóides (associação grauvaça-greenstone com predomínio de componente sedimentar), pela ocorrência de estruturas contracionais e

5. RESULTADOS

5.1. Análise Petrográfica

Segue abaixo a síntese dos resultados obtidos na descrição petrográfica dos litotipos analisados (Tab.04, Fig. 09).

dados geoquímicos (Jardim de Sá, 1994). Baseando-se no exposto, a Formação Jucurutu representaria um contexto de margem passiva, enquanto que a Formação Seridó, um contexto de margem ativa (Jardim de Sá, 1994).

Essa região sofreu diversas fases deformacionais e de tectonismo, tendo como resultado desses eventos um complexo sistema de dobramentos, falhamentos e cisalhamentos das rochas existentes, inclusive dos quartzitos (Jardim de Sá *et al.*, 1992; Brito Neves *et al.*, 1995).

Os quartzitos são rochas formadas a partir do metamorfismo regional ou de contato dos arenitos, e diferenciam-se destes pela presença de foliações, apresentarem dureza elevada e sua superfície mais áspera. A variedade característica de cor e aspecto é função do grau de pureza da rocha original.

Os quartzitos de Várzea e Junco, da Formação Equador, apresentam colorações variadas, sendo, caracteristicamente; rochas coesas, com textura granoblástica fina a média, mineralogicamente constituída por grãos de quartzo (re)cristalizados e, secundariamente; muscovita, clorita, epidoto, magnetita-sillimanita, feldspatos, entre outros.

A presença de xistosidade é determinada pela orientação cristalográfica acentuada das micas, gerando foliação. Em geral, são anisotrópicos. A anisotropia relaciona-se às variações evidenciadas pelos elementos do *fabric* das rochas dispostos em forma de acamamentos, planos de xistosidade, foliações, fissuramentos, juntas e outros (Amadei & Stephanson, 1997).

Tabela 04. Síntese da descrição petrográfica das amostras de quartzito com foco na composição modal por estimativa visual bem como nomenclatura das litologias.

IDENTIFICAÇÃO	REFERÊNCIA	CLASSIFICAÇÃO LITOLÓGICA	COMPOSIÇÃO MODAL - ESTIMATIVA VISUAL (%)													
			Qz	Felds	Lep	Ap	Zir	Opc	Micr	Musc	Hid. Fe	Ep	Calc	Turm	Fuch	Biot
PTR-01 RCLR	ROSA CLARO	LEPIDOLITA - QUARTZITO	78	1	18	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-
PTR-02 RESC	ROSA ESCURO	LEPIDOLITA - QUARTZITO	78	-	18	-	tr	tr	-	-	-	-	-	-	-	-
PRT-03 AMRL	AMARELO	MUSCOVITA - QUARTZITO	80	-	-	tr	tr	1	5	12	2	-	-	-	-	
PTR-04 CNZA	CINZA	MUSCOVITA - QUARTZITO	72	10	-	tr	-	1	-	15	-	1	1	tr	-	
PTR-05 VRDE	VERDE	FUCHSITA - QUARTZITO	80	-	-	1	1	3	-	-	-	-	-	-	15	
PTR-06 BLK	BRANCO	MUSCOVITA - QUARTZITO	75	5	-	-	1	1	-	10	-	8	-	-	-	
PTR-07 AZL	AZUL	MUSCOVITA - QUARTZITO	60	-	-	-	-	tr	-	20	-	15	5	-	-	
PTR-08 PRT	PRATA	MUSCOVITA - QUARTZITO	60	5	-	-	-	4	-	30	-	-	-	-	1	

Qz - Quartzo, Felds - Feldspato, Lep - Lepidolita, Ap - Apatita, Opc - Opacos, Micr - Microclina, Musc - Muscovita, Hid. Fe - Hidróxido de Ferro, Ep - Epidoto, Calc - Calcita, Turm - Turmalina, Fuch - Fuchcita, Biot - Biotita, Zir - Zircão

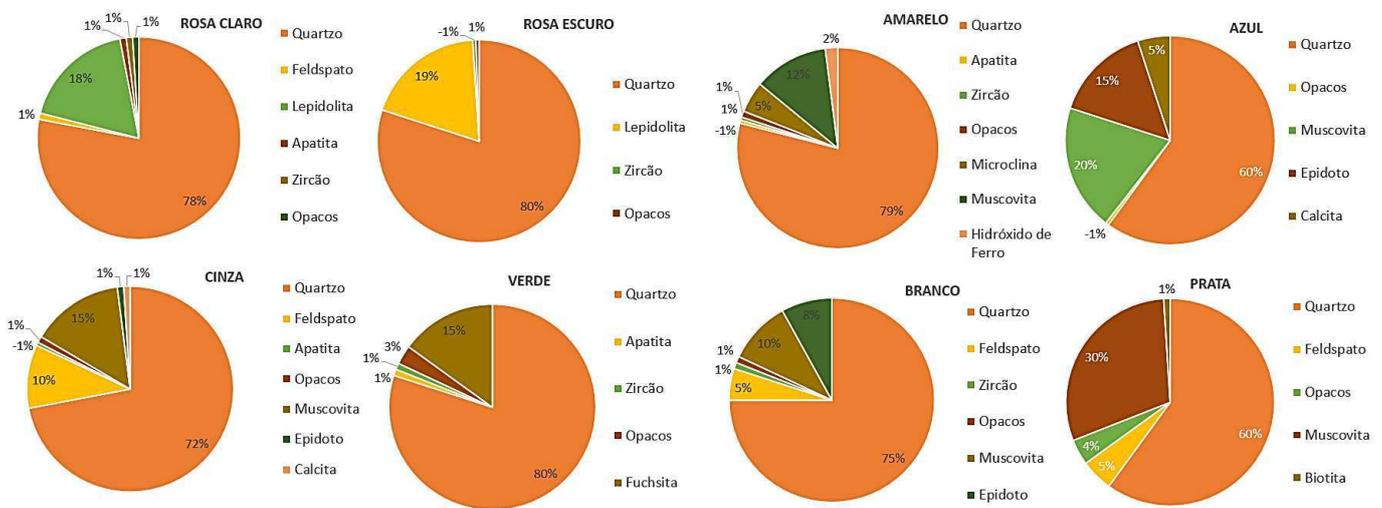


Figura 09. Composição representativa da composição modal em gráficos circulares das 8 litologias estudadas.

5.2. Susceptibilidade Magnética

Com base nas medições de susceptibilidade magnética feitas nas amostras, em superfície e lateralmente, os dados de tais medições são apresentados nas tabelas 05 e 06. A representação gráfica de todas as medições de

superfície, individualmente realizadas, pode ser observada na figura 10; e as médias dessas medidas, na superfície e eixo lateral das amostras, na figura 11.

Tabela 05. Medições de susceptibilidade magnética (K), na superfície das amostras de quartzitos.

DADOS DE SUSCEPTIBILIDADE MAGNÉTICA - K (10 ⁻³ SI) MÉDIA GERAL								
Medições	Ozto R Claro	Ozto R Escuro	Ozto Ama	Ozto Verde	Ozto Azul	Ozto Blk	Ozto Prata	Ozto Cinza
1	0.014	0.009	0.027	0.019	0.015	0.007	0.012	0.018
2	0.028	0.011	0.016	0.033	0.021	0.022	0.011	0.011
3	0.027	0.013	0.02	0.023	0.018	0.012	0.035	0.013
4	0.013	0.148	0.012	0.087	0.021	0.146	0.036	0.024
5	0.053	0.147	0.013	0.075	0.100	0.144	0.19	0.02
6	0.133	0.147	0.021	0.079	0.083	0.146	0.188	0.085
7	0.065				0.105		0.184	0.05
8	0.099							
MÉDIA	0.054	0.079	0.018	0.053	0.052	0.080	0.094	0.032

Tabela 06. Quadro-resumo da susceptibilidade magnética (K), medida no eixo lateral das amostras de quartzito.

DADOS DE SUSCEPTIBILIDADE MAGNÉTICA - K (10 ⁻³ SI)/EIXO DA AMOSTRA								
Medições	Qzto R Claro	Qzto R Escuro	Qzto Ama	Qzto Verde	Qzto Azul	Qzto Blk	Qzto Prata	Qzto Cinza
1	0.014	0.009	0.027	0.019	0.1	0.007	0.12	0.018
2	0.028	0.011	0.016	0.033	0.083	0.022	0.011	0.011
3	0.027	0.013	0.02	0.023	0.105	0.012	0.035	0.013
4						0.036		
MÉDIA	0.023	0.011	0.021	0.025	0.096	0.014	0.051	0.014

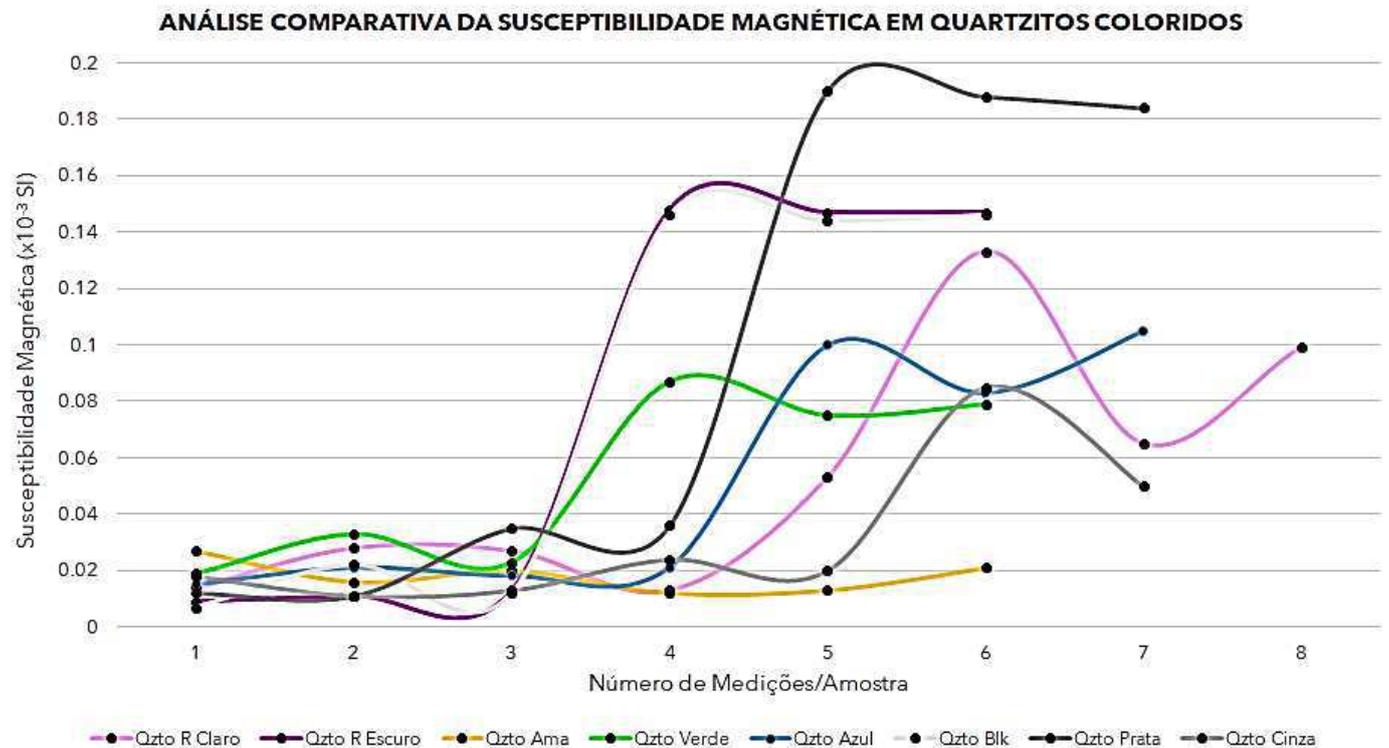


Figura 10. Conjunto de todas as medidas de susceptibilidade magnética (K), obtidas para as oito amostras de quartzitos coloridos, tomados na superfície da rocha .

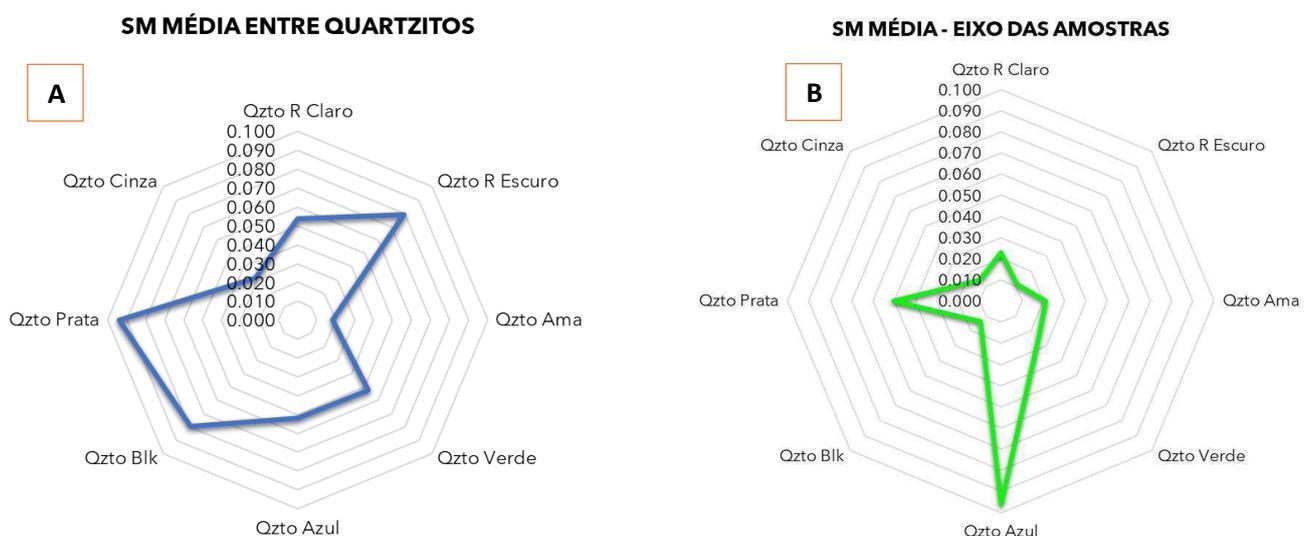


Figura 11. Susceptibilidades magnéticas médias na superfície das amostras (A) e no eixo lateral (B). Nota-se uma grande diferença em termos absolutos nos valores obtidos nos dois casos.

5.3. Condutividade Térmica e Associações

Os dados obtidos estão apresentados nas figuras 12 e 13.

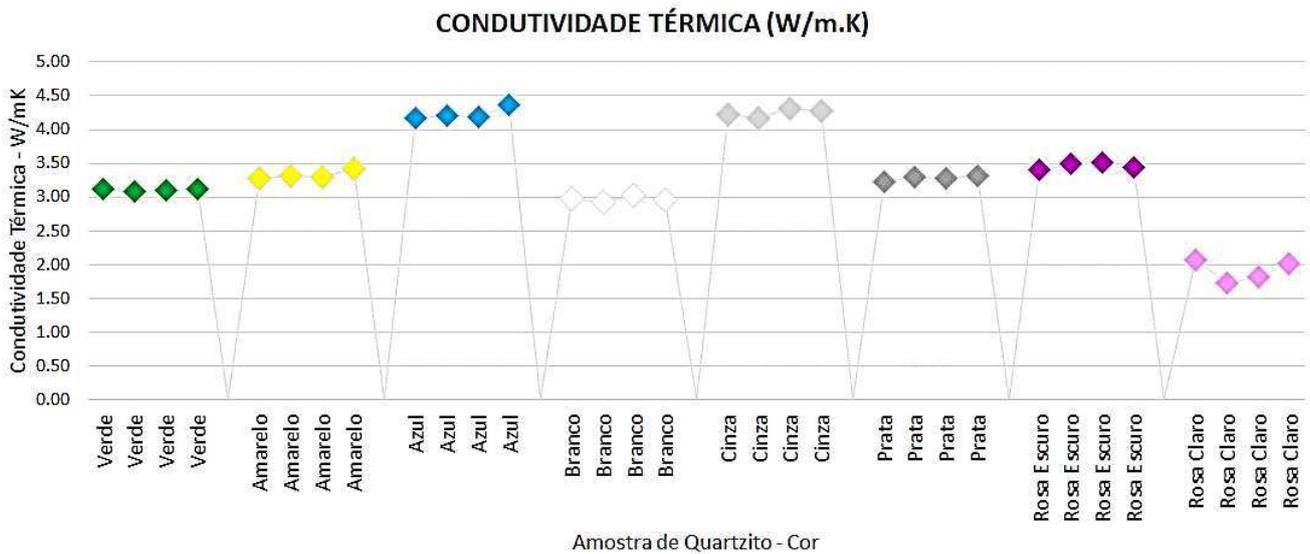


Figura 12. Representação dos resultados de condutividade térmica obtidos em cada uma das 8 tipologias de cores dos quartzitos Paraibanos. Nota-se grande contraste entre os tipos azul e cinza em comparação ao rosa claro.

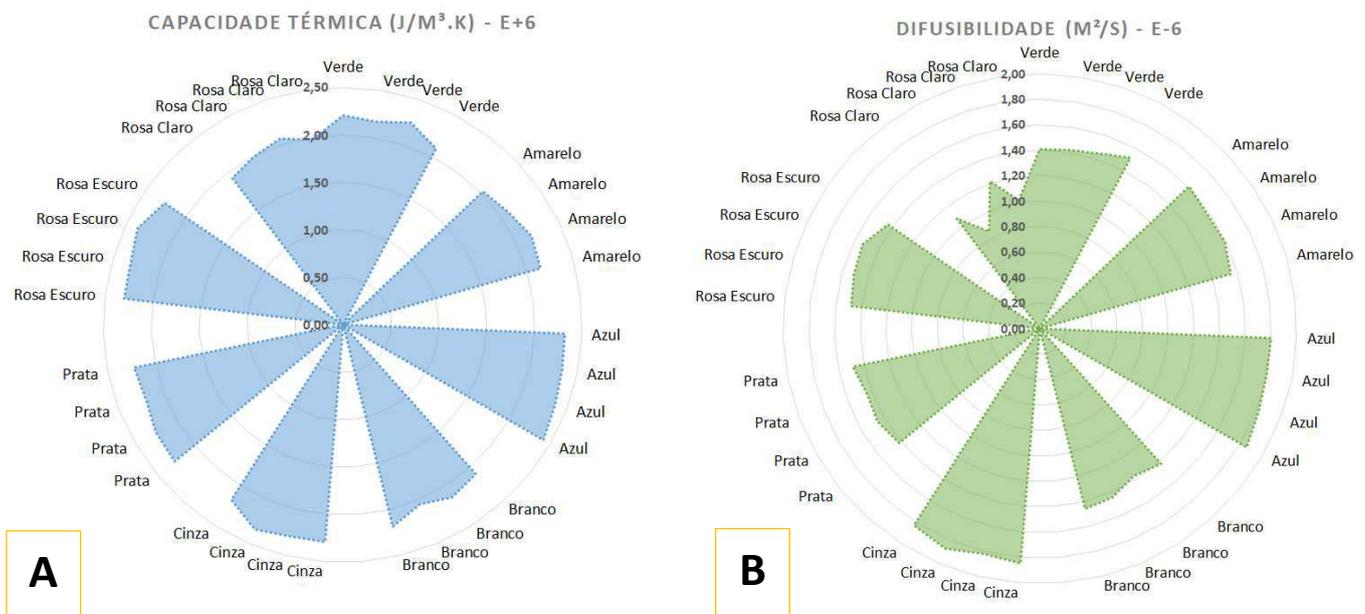


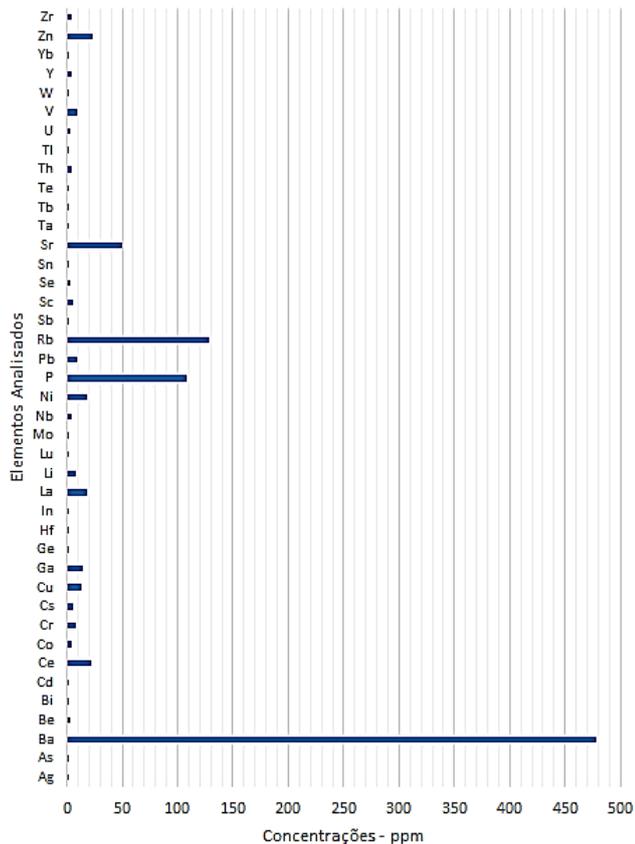
Figura 13. Dados comparativos entre capacidade térmica (A) e difusibilidade (B) nos quartzitos coloridos.

5.4. Análise Geoquímica

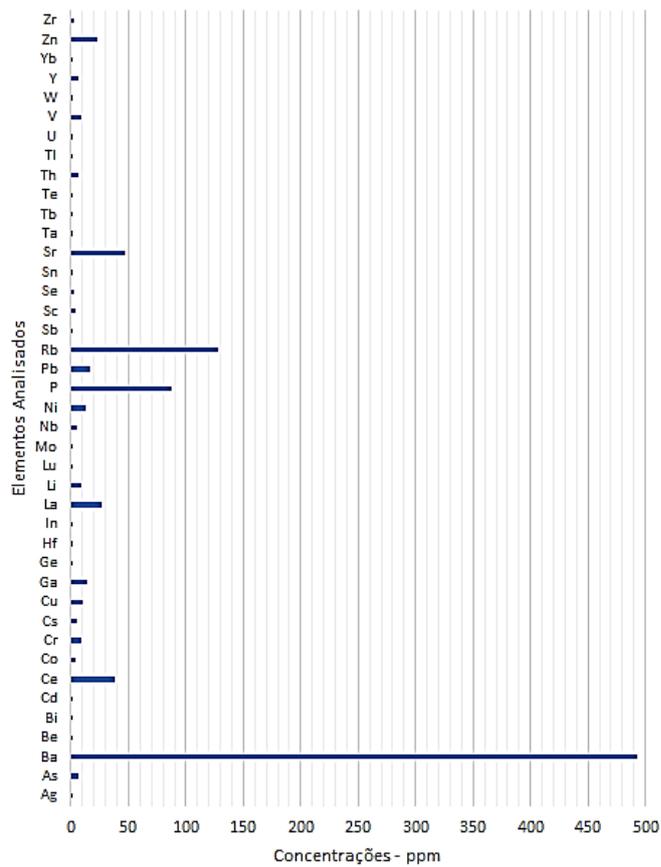
Baseado no método de análise multi-elementar escolhido para execução na SGS Geosol, 50 elementos principais foram analisados por ICP MS; os resultados obtidos são apresentados nas figuras 14a, b e 15. Os resultados analíticos para os oito diferentes quartzitos, estão representados pelos gráficos das figuras 14a/14b (elementos com concentrações em ppm) e 15 (elementos com concentração em

percentual). Apenas para reiterar, a espectrometria de massa por plasma acoplado indutivamente (em inglês: *Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry*, ou ICP-MS) é um tipo de espectrometria de massa que é capaz de detectar elementos químicos, cujas concentrações podem ser tão baixas com leituras feitas em PPT ou 10¹⁵ (parte por mil bilhões), em determinados isótopos.

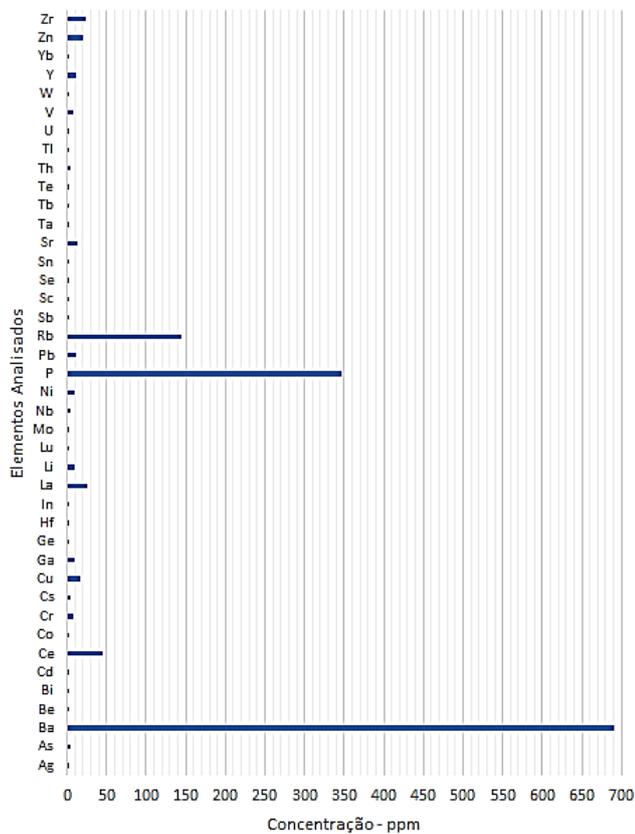
AQM-01RCLR



AQM-02RESC



AQM-03AMRL



AQM-04CNZA

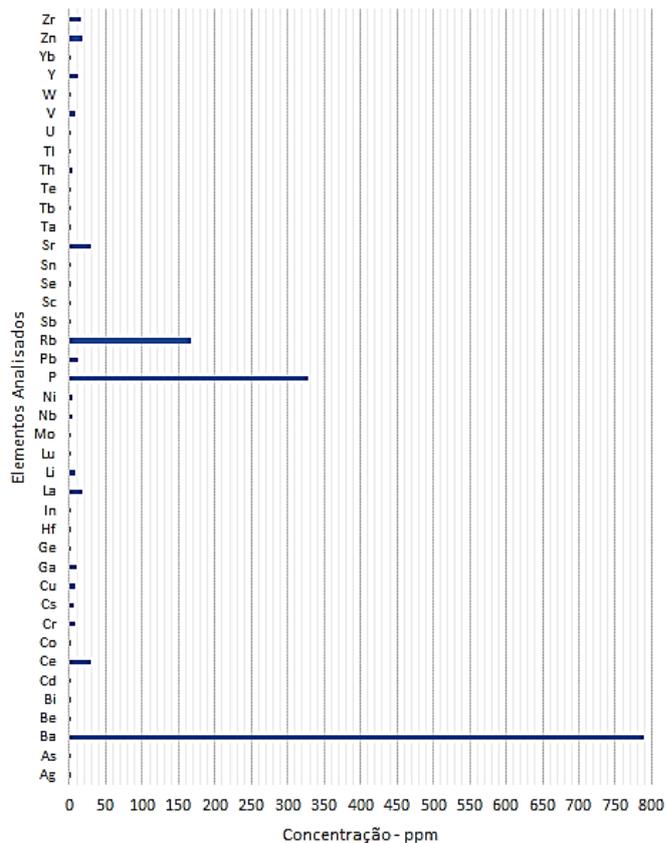
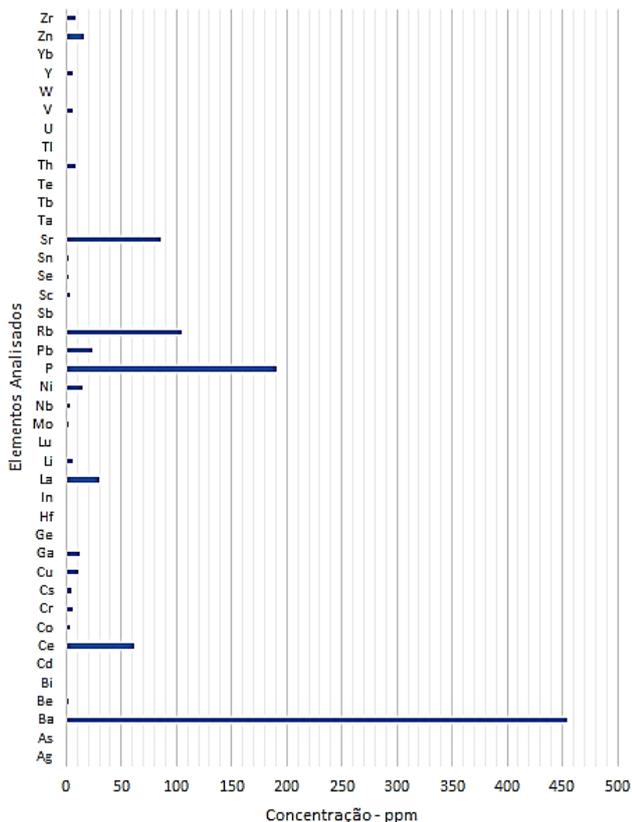
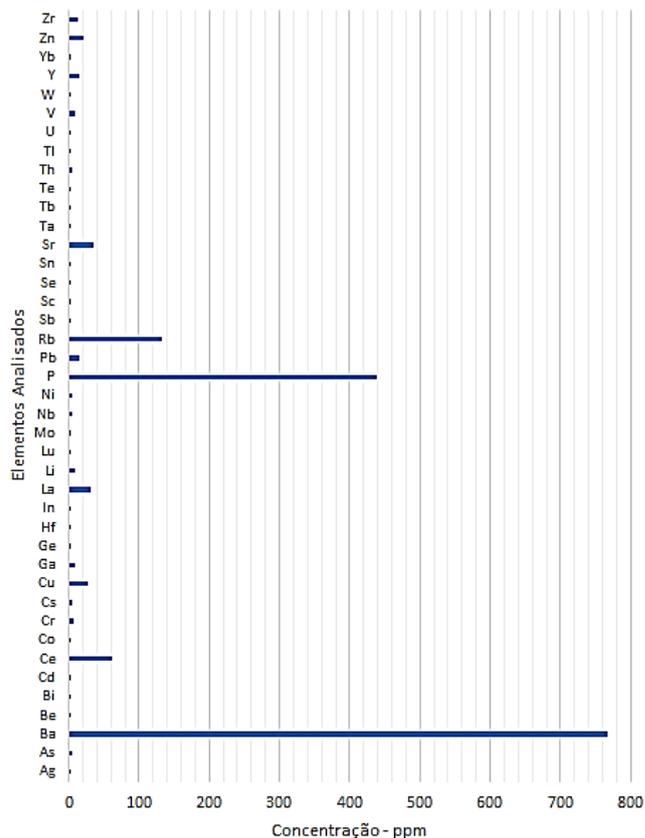


Figura 14a. Resultados analíticos (em ppm) dos quartzitos analisados: AQM-01RCLR (rosa claro), AQM-02RESC (rosa escuro), AQM-03AMRL (amarelo), AQM-04CNZA (cinza).

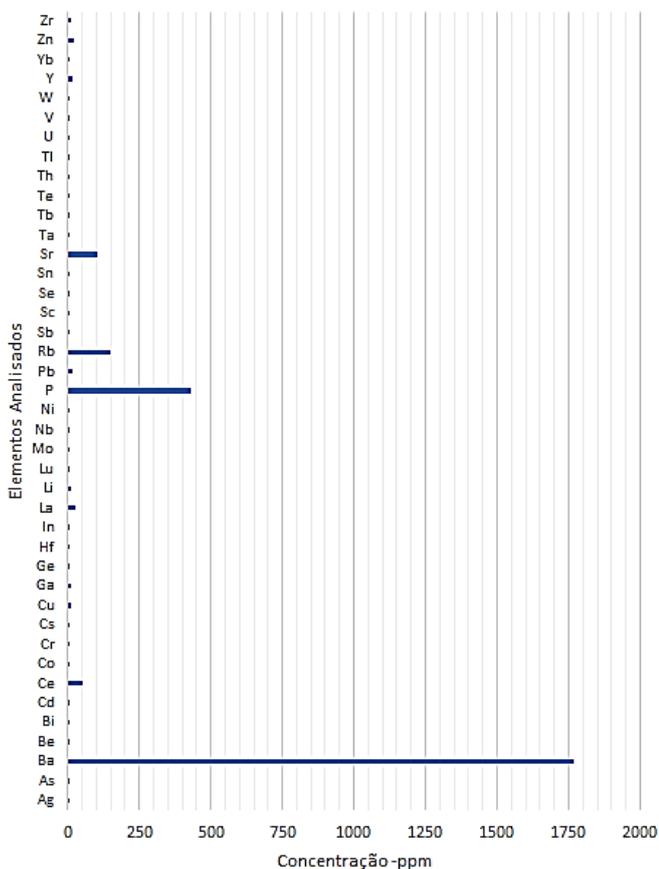
AQM-05VRDE



AQM-06BLK



AQM-07AZL



AQM-08PRT

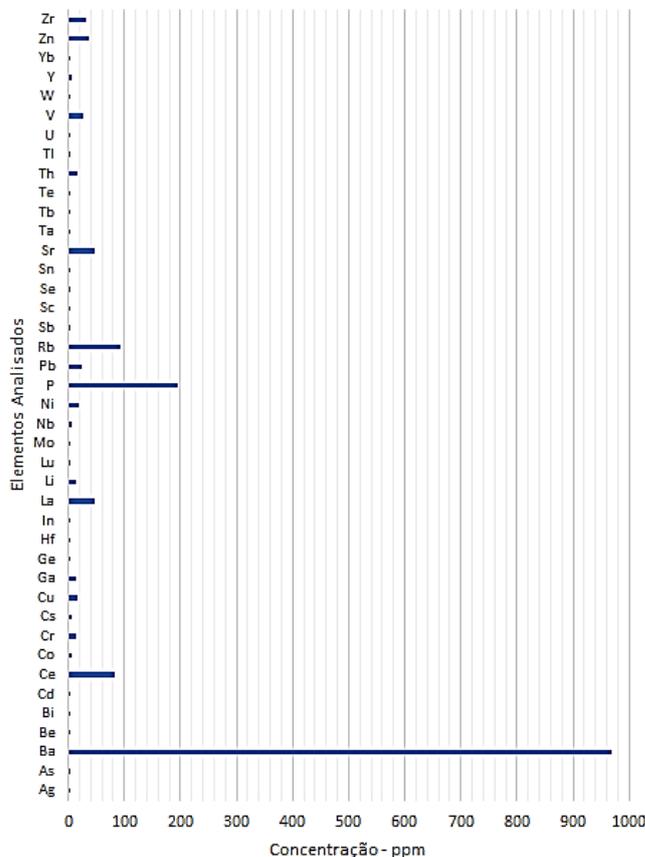


Figura 14b. Representação gráfica dos resultados analíticos com concentrações em ppm (partes por milhão) dos quartzitos analisados: AQM-05VRDE (verde), AQM-06BLK (branco), AQM-07AZL (azul) e AQM-08PRT (prateado).

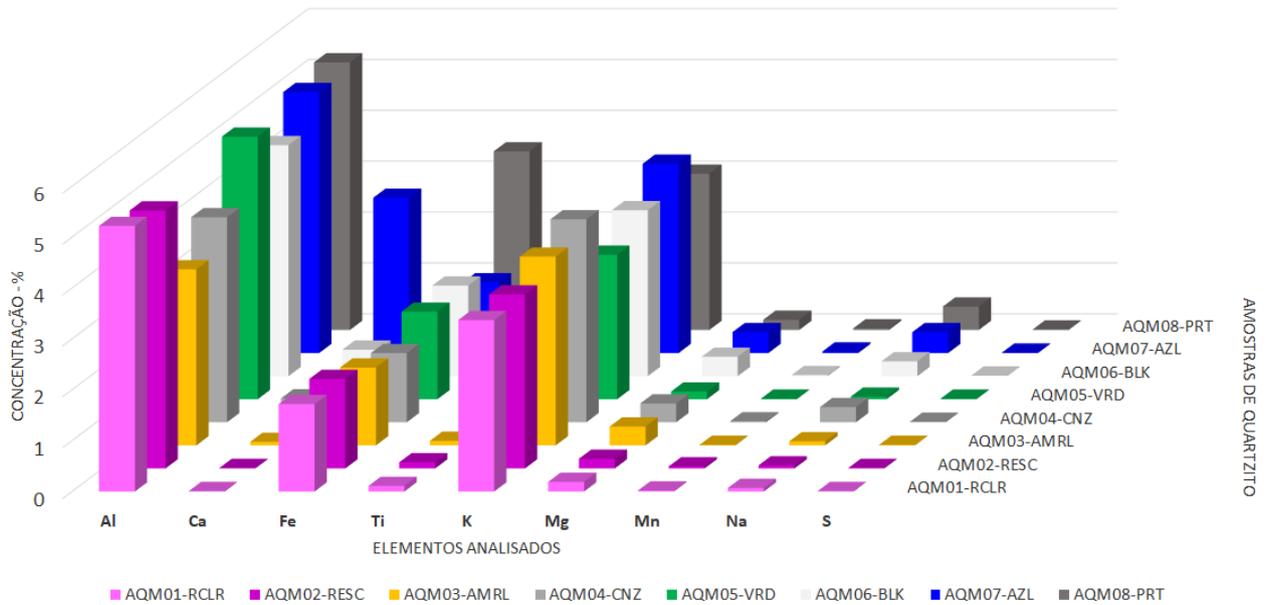


Figura 15. Representação gráfica dos resultados analíticos com concentrações em percentual, dos quartzitos analisados: AQM-01RCLR (rosa claro), AQM-02RESC (rosa escuro), AQM-03AMRL (amarelo), AQM-04CNZA (cinza), AQM-05VRDE (verde), AQM-06BLK (branco), AQM-07AZL (azul) e AQM-08PRT (prateado).

5.5. Ensaios Tecnológicos Físico-Mecânicos

Dentro do contexto do "Projeto Integrado de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico Voltado para o Aproveitamento Racional e Sustentável de Minerais de Pegmatitos e Rochas de Quartzitos", 05 análises de caracterização tecnológica foram realizadas nos quartzitos coloridos de Várzea e Junco do Seridó:

(i) Porosidade (Cirilo, 2016);

(ii) Radiação Ultravioleta (Albuquerque, 2017);

(iii) Resistência à Flexão em 03 e 04 Pontos (Freitas, 2016); e

(iv) Resistência à Compressão Uniaxial (Barbosa Neto, 2016).

Os resultados obtidos à época estão ilustrados a seguir (Figuras 16a e 16b).

RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA (ALBUQUERQUE, 2017)

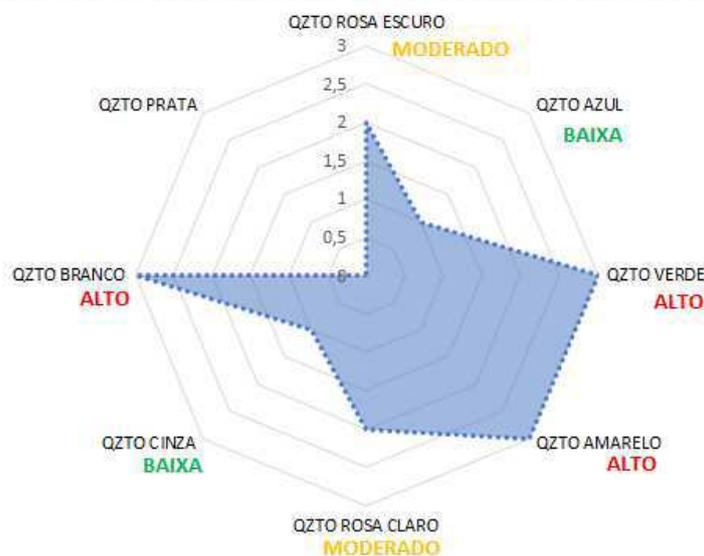


Figura 16a. Radiação ultravioleta em quartzitos do Seridó Paraibano, baseada em Albuquerque, 2017.

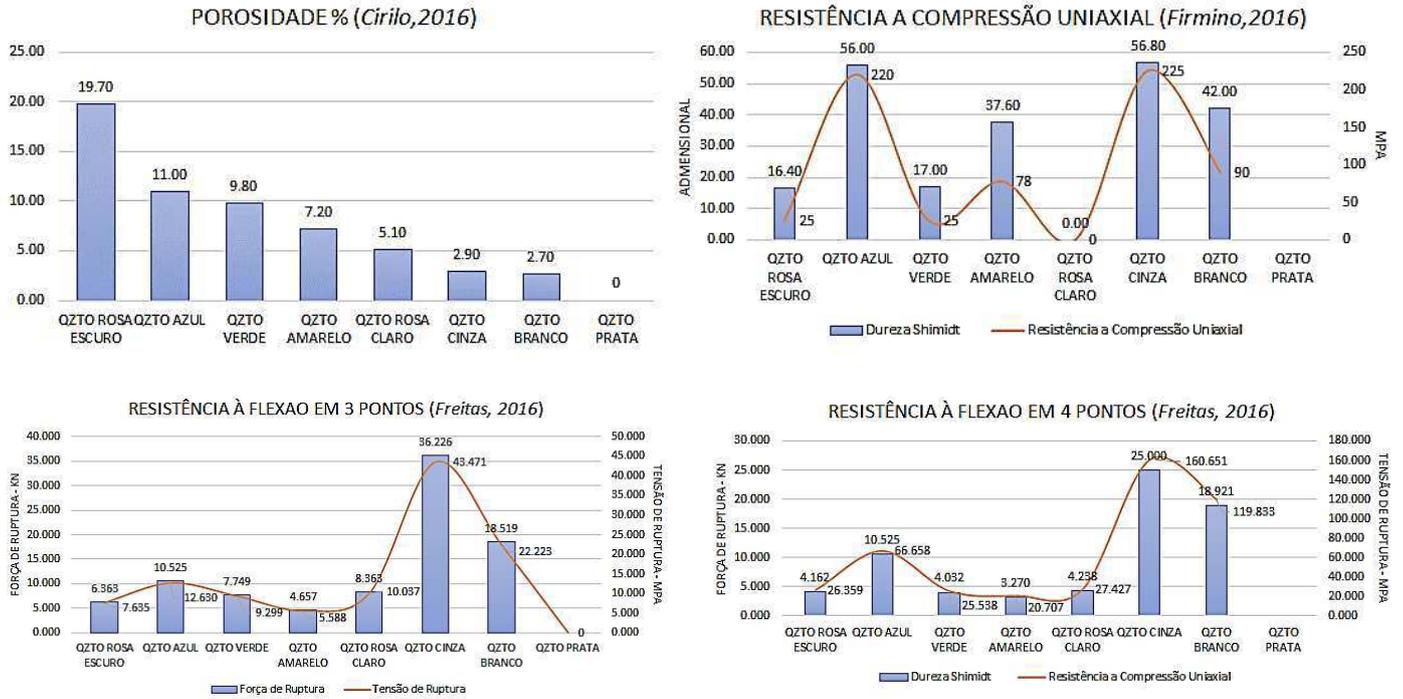


Figura 16b. Levantamento de dados de ensaios tecnológicos obtidos pelo GEBMBS (Círiolo, 2016; Barbosa Neto, 2016; Freitas, 2016).

6. DISCUSSÕES

6.1. ANÁLISE PETROGRÁFICA

Das 08 amostras de quartzitos coloridos coletadas, 04 delas são originárias da Serra do Poço (amarelo, azul, branco e cinza) e 04 são da Serra da Carneira (rosa escuro, rosa claro, verde e prata). Em todas essas amostras foram realizadas análises petrográficas para determinação dos seus principais constituintes mineralógicos, texturas e estruturas e, conseqüente; nomenclatura correta do litotipo, bem como se haveria outros minerais distintivos ou de interesse que agregasse valor às características requeridas para a aplicação dessas rochas como revestimento.

A descrição geral dos quartzitos coloridos pode ser caracterizada pela descrição macroscópica, microscópica e as relações texturais e estruturais, como segue.

DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA: **Quartzitos coloridos**, fácil desagregação das palhetas de mica, foliação pervasiva, com cristais de granulação média e alternância de bandas de

quartzo com bandas de mica. Rocha multicolorida (rosa claro a escuro, verde, azul, branco, cinza, prata e amarelo). A estrutura é fortemente orientada, estirada, e com textura granoblástica a lepidoblástica de granulação média a grossa, com tamanho dos grãos variando entre 0,3 a 1 mm; e os maiores cristais de mica atingindo cerca de 2 mm de comprimento. A textura granolepidoblástica é evidenciada pela alternância entre bandas ricas em quartzo, com bandas ricas em micas. A deformação é caracterizada pela forte orientação das palhetas de lepidolita+fuchsitamuscovita±biotita em alternância com fitas de quartzo. A rocha não apresenta alteração significativa e possui magnetismo fraco.

DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA: Os elementos texturais/estruturais são marcados por uma rocha a qual possui granulação média a grossa, com bandas bem definidas, ricas em quartzo e micas de composições variadas. A lepidolita é bem desenvolvida, possui características ópticas muito semelhantes à muscovita, porém; apresenta um revelo mais alto, aspecto turvo, e

cor natural levemente acastanhada. O acamamento composicional (S_0) é bem marcado e paralelo à foliação (S_n), com alternância de bandas ricas em quartzo e mica.

A rocha possui uma foliação (S_1) bem marcada, com os cristais de quartzo deformados, recristalizados e orientados preferencialmente em algumas direções, dispostos juntamente com lamelas alongadas de lepidolita e muscovita. A textura predominante é a granolepidoblástica, com grãos de quartzo subédricos e anédricos, aproximadamente equidimensionais, e com orientação preferencial, os quais estão dispostos juntamente com cristais de micas alongadas. Todavia, localmente, é possível observar textura inequigranular interlobada e seriada. Há *clusters* de óxidos de ferro de granulação muito fina que, geralmente, são paralelos a S_1 e formam nuvens de grãos opacos, gerando um aspecto turvo na rocha, com muitas pequenas inclusões escuras.

DESCRIÇÕES E RELAÇÕES MINERALÓGICAS E

TEXTURAS: O **quartzo** constitui cristais anédricos, sub-milimétricos, com distribuição granulométrica equigranular predominante, e subordinadamente textura seriada, havendo apenas raras fitas de quartzo de maior granulação. Os cristais são orientados, recristalizados, e com limites lobados/serrilhados entre si. Os aspectos texturais evidenciam recristalização e migração dos limites durante a deformação. Os maiores cristais apresentam extinção ondulante moderada à baixa acompanhada de limites bem a mal definidos. A **lepidolita** e **muscovita** encontram-se sob a forma de delgadas lamelas euédricas com tamanhos entre 0,5 e 2 mm, iso-orientadas e descontínuas entre si.

A deformação é caracterizada pela forte orientação das palhetas de muscovita e, secundariamente, lepidolita e fuchsite, segundo a direção da foliação, com hábito lamelar e formas alongadas e finas, cores de interferência altas e exibem contatos planares entre os grãos. O **feldspato** é escasso e constitui poucos

porfiroclastos granulares, sub-tabulares a arredondados, sub-milimétricos (no máximo com 1mm de comprimento), normalmente possui limites lobulados, formas ligeiramente inequidimensionais, forte orientação e geminação característica. Alguns cristais possuem manchas turvas, aparentemente pela presença de micro inclusões fluidas e opacas, e neste caso exibem alteração significativa para argilominerais. A alteração da **hematita** ou **magnetita**, levou a formação de uma mistura de óxidos e hidróxidos de ferro que está disseminada por toda a rocha na forma de pequenos veios, massas irregulares e pequenas nuvens de grãos escuros. Por vezes, constata-se a presença de diminutos cristais de opacos juntos a pequenos veios/zonas de alteração. Os minerais **opacos** ocorrem predominantemente como minúsculos cristais dispersos heterogeneamente pela rocha, inclusos ou dispostos intersticiais aos minerais dominantes, chegando a constituir difusas nuvens de cristais opacos. Aparecem concentrados e bem desenvolvidos em veios, e preenchendo fissuras de forma descontínua. Há raras ocorrências de opacos euédricos com faces retas e contornos bem definidos, observa-se que a grande maioria dos opacos são de hidróxidos de ferro de composição incerta (limonita?), resultante, por vezes, da alteração de óxidos ricos em ferro. Foram encontrados pequenos cristais de **zircão** e **apatita** como minerais-traço na rocha, estes são arredondados e mais resistentes ao intemperismo, tendo em média menos que 0,1 mm de diâmetro.

Assim, observou-se que os litotipos apresentam constituintes mineralógicos muito similares, com heterogeneidades quando a mica principal e quantidade de seus minerais secundários. De modo geral, foram distinguidas três classes de rochas, baseando-se na sua composição mineral:

- Lepidolita Quartzito;
- Muscovita Quartzito; e
- Fuchsite Quartzito.

6.2. ANÁLISE QUÍMICA

As amostras analisadas por ICP MS (SGS Geosol ICM40B), apresentaram concentrações de seus principais componentes químicos bem similares entre si, com tipos proporcionalmente mais concentrados em **Rb, P, Ba**, seguido por **Ce, Y, La** e, posteriormente; **Sr, V, Ni e Cu**, nessa ordem de grandeza. Elementos como **Fe, Al, K** são comuns e corroboram com os constituintes minerais existentes nos quartzitos (hematita, biotita, mica branca), o **Ca** se sobressai no quartzito azul, em detrimento às demais colorações. Pelo menos três grupos de elementos destacaram-se em termos de concentração:

- (i) Elementos de Terras Raras;
- (ii) Metais Alcalinos Terrosos; e
- (iii) Metais de Transição.

Dentre os grupos de elementos mencionados acima, 24 elementos químicos aparecem distribuídos com concentrações significativas, em termos composicionais; sendo que suas variações quantitativas oscilam de forma bastante restrita entre os quartzitos de diferentes cores. Os elementos de maior concentração, nessas rochas metassedimentares avaliadas, são: **Ba, P, Rb, Sr, Ce, Cu, Ni, Na, K, Mg, Fe e Al**; secundariamente, observam-se **Pb, Li, La, Y, Zn, Zr, V, Th, Cs, Co, Ga e Cr**.

Considerando os principais minerais constituintes desses quartzitos, nota-se a correlação direta desses minerais com os elementos em destaque, como segue:

- **Muscovita:** $KAl_2(Si_3Al)O_{10}(OH,F)_2$;
- **Lepidolita:** $K(Li,Al)_3(Si,Al)_4O_{10} \cdot (F,OH)_2$;
- **Fuchsite:** $K(Al,Cr)_2Si_3AlO_{10}(OH,F)_2$;
- **Epidoto:**
 $Ca_2Al_2(Fe^{3+},Al)O(SiO_4)(Si_2O_7)(OH)$ ou $Ca_2(Fe,Al)Al_2(SiO_4)(Si_2O_7)O(OH)$;
- **Clinzoisita:**
 $Ca_2Al_3O(SiO_4)(Si_2O_7)(OH)$ ou $Ca_2AlAl_2(SiO_4)(Si_2O_7)O(OH)$ (polimorfo da Zoizita);
- **Hematita:** $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ (polimorfo da magnetita).

Nesse contexto, a coloração observada nos quartzitos coloridos do Seridó Paraibano, advém da seguinte associação químico-mineralógica:

1. Quartzito Rosa Claro: **Lepidolita**;
2. Quartzito Rosa Escuro: **Lepidolita**;
3. Quartzito Verde: **Fuchsite**;
4. Quartzito Cinza: **Muscovita**;
5. Quartzito Amarelo: **Alterações ferruginosas**;
6. Quartzito Azul: Aspecto verde no geral, devido à presença de **epidoto e clinzoisita** que são, macroscopicamente, verdes;
7. Quartzito Branco: **Muscovita**;
8. Quartzito Prateado: **Muscovita**.

Trabalhos acadêmicos de caracterização tecnológica de rochas ornamentais que relacionaram ensaios petrográficos com química elementar/rocha foram realizados por Fernandes *et al.*, (2002) e Fernandes *et al.*, (2003) na caracterização dos quartzitos coloridos de São Thomé das Letras e Luminárias, sudoeste do estado de Minas Gerais. Nessa região, a diferença na quantidade de muscovita na composição modal desses quartzitos, associado com a diferença em suas composições químicas, quando analisados os percentuais de óxidos (Fe, Ti, Al, K, Mg) e SiO_2 , são fatores principais da variação de cor nesses quartzitos, cujas variedades são branco, amarelo, rosa (São Thomé das Letras), e verde escuro com maclas avermelhadas (Luminárias).

6.3. CONDUTIVIDADE TÉRMICA E ASSOCIAÇÕES

Através da quantificação da condutividade térmica, a rocha pode ser caracterizada como provedora de isolamento/conforto térmico bem como, a possibilidade de sofrer variações de volume (contração/dilatação), do corpo rochoso, com os gradientes de temperatura na região onde forem aplicadas, como revestimento. Segundo Vidal *et al.*, (1999) esse parâmetro é muito importante quando se trata de materiais a

serem utilizados na Construção Civil, tanto em revestimentos externos quanto internos, uma vez que; se houver subdimensionamento das juntas de dilatação, poderá existir o deslocamento das mesmas. Assim, avaliar a localidade onde as rochas serão aplicadas é fundamental; considerando fatores de desgaste como clima tropical, reações químicas possíveis, procedimentos de assentamento, dentre outros. Enquanto parte dos materiais caracterizados como isolantes térmicos não atingem 1 W/m.K,

como materiais cerâmicos, o intervalo de condutividade térmica em rochas varia entre 1.2 a 7.5 W/m.K (Shon, 1996). Em geral, as rochas são preferidas por apresentarem aspectos voltados à beleza estética, resistência à abrasão e outros parâmetros físicos que a caracterizam como materiais de revestimento com durabilidade. Como comparativo, a tabela 07 apresenta a condutividade térmica em diversos tipos de rochas.

ROCHAS	COND. TÉRMICA (K)	MINERAIS	COND. TÉRMICA (K)
Peridotito	3.80	Magnetita	4.61
Arenito	3.20	Diopsídio	4.23
Carbonato	2.20 - 2.80	Zircão	3.90
Gnáisse	2.70	Muscovita	3.89
Granito	2.60	Faialita	3.85
Ardósia	2.40	Almandina	3.66
Gabro	2.10	Clorita	3.06
Quartzito	2.50	Albita	2.34

Tabela 07. Condutividade térmica média de rochas e minerais (modificado de Buntebarth, 1984; Fowler, 1990; Young, 1992).

Parâmetros como calor específico, a densidade e condutividade térmica são variáveis, dependentes da temperatura, assim como a difusividade é igualmente dependente da temperatura. A figura 17 mostra curva de

difusividade térmica versus a temperatura para algumas rochas; adicionalmente, a tabela 08 mostra a relação entre densidade e difusibilidade térmica para algumas rochas ígneas, sedimentares e metamórficas.

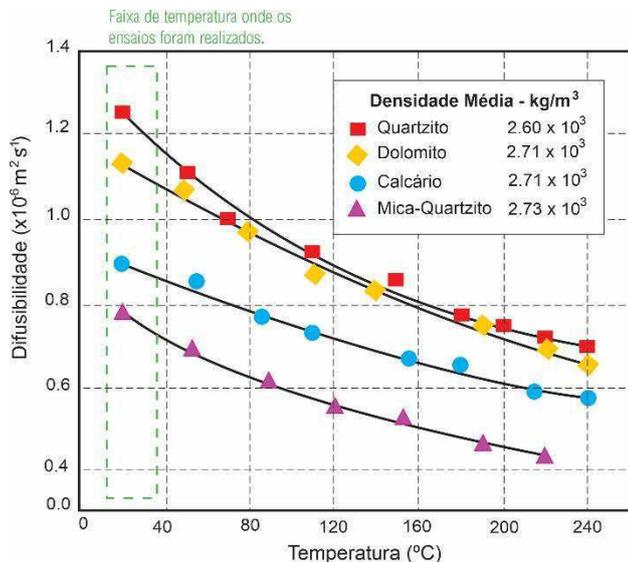


Figura 17. Difusibilidade térmica medida experimentalmente em função da temperatura (Modificado de Mongelli *et al.*, 1982).

Tabela 08. Condutividade térmica e densidade médias de rochas (Modificado de Buntebarth, 1984; Fowler, 1990; Young, 1992).

TIPO DE ROCHA	DENSIDADE (10 ³ . kg. m ⁻³)	DIFUSIBILIDADE TÉRMICA		
		Seco por Ar	Pré-Aquecido	Saturado
Granito	2.63	1.37	0.875	1.58
Basalto	2.97	1.21	0.910	1.33
Granodiorito	2.72	1.25	0.870	1.51
Granito	2.63	1.40	1.070	1.55
Arenito	2.15	1.80	1.210	2.23
Calcário	2.68	1.21	0.840	1.47
Mármore	2.32	1.14	0.745	1.24
Quartzito	2.64	2.80	1.620	-

O quartzo é um bom condutor de calor de modo que as rochas mostram uma tendência crescente de condutividade térmica com a proporção de

quartzo. Assim, quanto mais ácida for a rocha maior será sua condutividade térmica. Isso é o que foi evidenciado nas amostras de quartzitos

analisadas (Figura 18). Independente da coloração da rocha, os valores de condutividade térmica foram elevados, pois além do mineral quartzo ser o principal constituinte com

concentração média em torno de 70%, outros minerais silicáticos estão presentes em quantidades significativas como nas micas (muscovita, lepidolita, fuchcita) (Figura 19).

CONDUTIVIDADE vs. PRINCIPAIS MINERAIS CONSTITUINTES

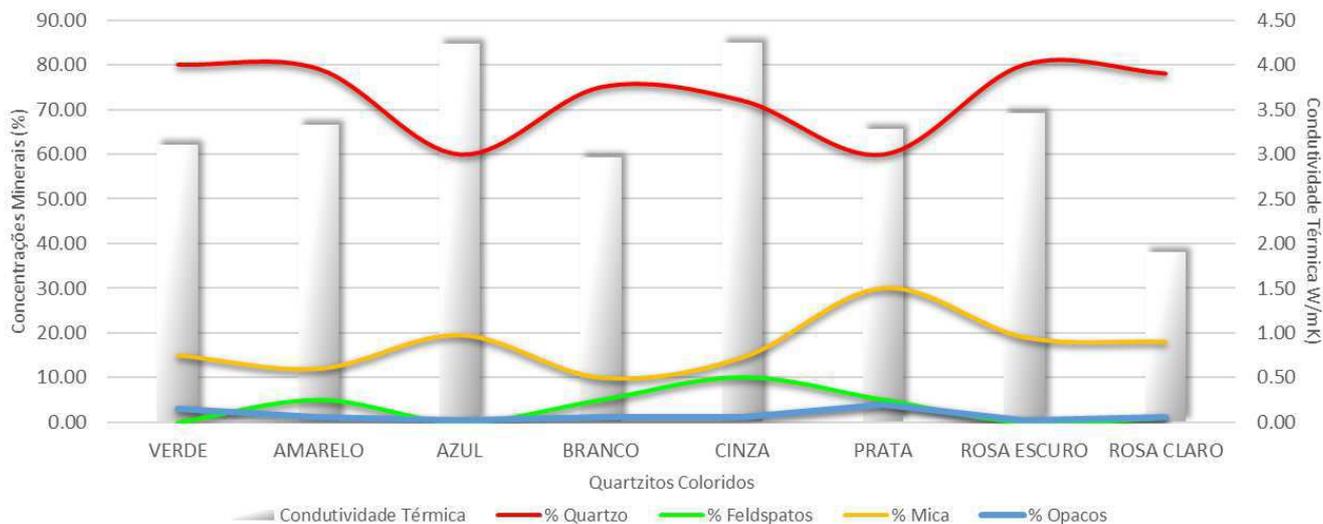


Figura 18. Relações entre condutividade térmica e conteúdo de quartzo em quartzitos coloridos do Seridó Paraibano.

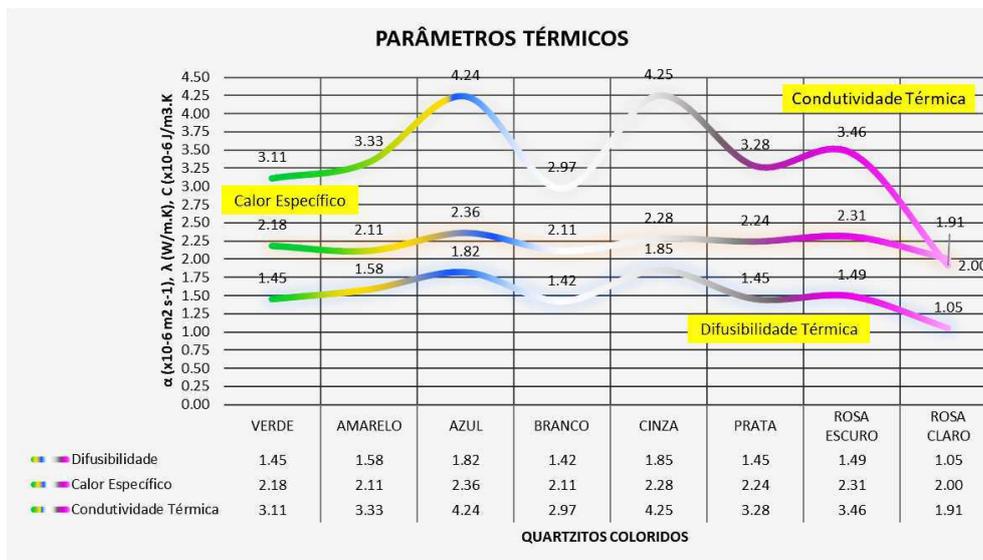


Figura 19. Parâmetros térmicos de condutividade, difusibilidade e calor específico para as amostras de quartzitos coloridos de Várzea e Junco do Seridó, Paraíba.

Trabalho similar, ao detalhado acima, foi realizado por Correia *et al.*, (2014) para a caracterização das propriedades térmicas, nomeadamente, a condutividade térmica, a difusividade térmica, a capacidade térmica mássica e a produção de calor. As três primeiras propriedades térmicas são particularmente importantes quando fenómenos relacionadas com o aquecimento, o arrefecimento e o

isolamento de edifícios deve ser considerado; a produção de calor é importante em termos ambientais e de saúde pública em edifícios já que elevadas produções de calor resultam de elevadas concentrações em urânio, tório e potássio das rochas. A condutividade térmica, a difusividade térmica e a capacidade térmica mássica das rochas ornamentais estão relacionadas com a maneira como nelas a

energia térmica se propaga, se difunde e se acumula. Assim, para o ensaio, utilizou-se um conjunto de amostras constituído por três granitos, um mármore e três calcários da região de Évora, Portugal Continental. Para cada amostra várias leituras foram realizadas com o equipamento ISOMET 2104 Heat Transfer Analyser. Como síntese pode-se dizer que das sete amostras de rochas ornamentais deste

estudo, o mármore M1 apresenta as melhores características como material de construção/revestimento, logo seguido dos granitos G2 e G3 e do calcário C3.

A comparação dos dados quantitativos obtidos por Correia *et al.*, 2014 estão representados na figura 20, contrastando com os resultados obtidos dos quartzitos do Seridó Paraibano.

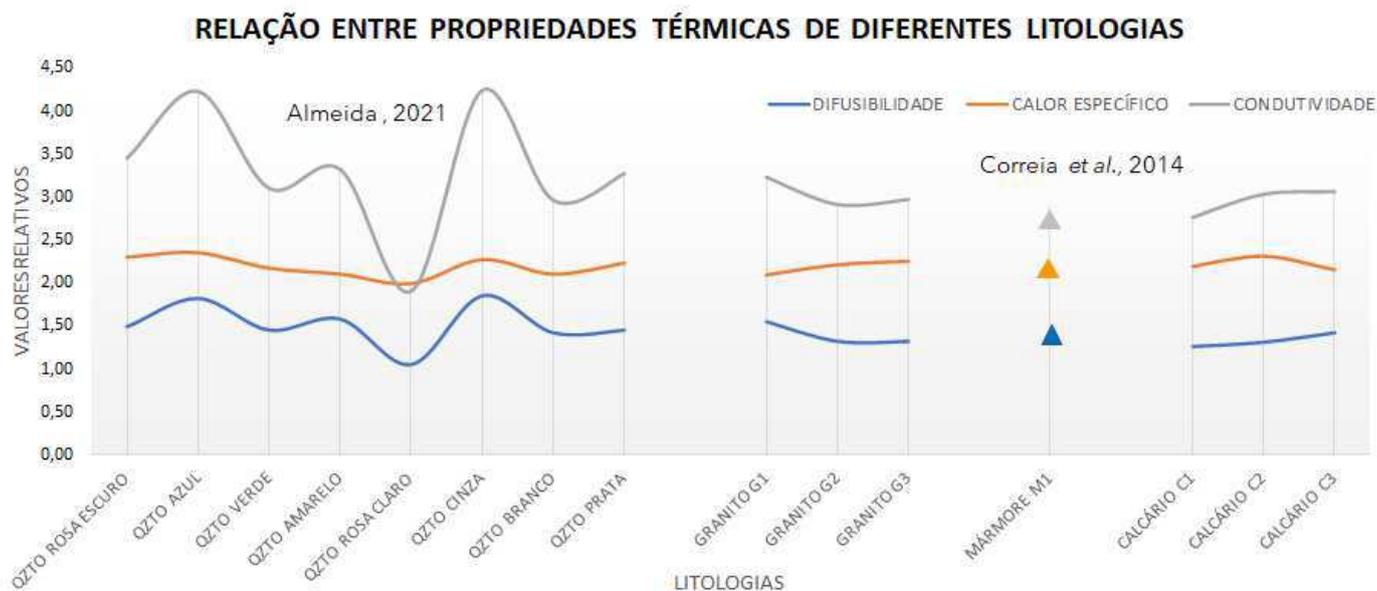


Figura 20. Valores de condutividade térmica, difusibilidade e capacidade térmica entre amostras de rochas quartzíticas do Seridó Paraibano em contraposição Aos granitos, mármore e calcários da região de Évora, Portugal.

6.4. ANISOTROPIA DE SUCEPTIBILIDADE MAGNÉTICA

O estudo da ASM permite a análise sistemática de um maciço rochoso, pelo que proporciona dados direcionais os quais podem ser relacionados com a lineação e foliação magmática. Para além destes, podem obter-se também parâmetros qualitativos que estão relacionados com a composição química das rochas e com a taxa de deformação que sofreram (Sant'Ovaia & Noronha, 2005).

Estudos prévios com rochas revelam que mediante o valor da susceptibilidade magnética obtido, se pode concluir da presença ou ausência de alguns minerais. De acordo com os trabalhos de Sant'Ovaia & Noronha (2005), para vários granitos portugueses provenientes de várias zonas do país; essas rochas têm um comportamento paramagnético, o que traduz a ausência de magnetita (Bouchez, 1997), com

valores de k superiores a 70×10^{-6} SI o que indica que os granitos são biotíticos (granitos de uma mica, a biotita), ou valores de k inferior a 70×10^{-6} SI, que indica que os granitos têm duas micas (biotita e muscovita). Relação similar poder-se-ia fazer com os quartzitos, no caso da ASM.

O método da Anisotropia da Susceptibilidade Magnética (ASM ou SM) é usado para qualificar ou prever os comportamentos dinâmicos das rochas. Neste estudo, o método preconiza ser utilizado como parâmetro para caracterização de rochas ornamentais para revestimento, de origem metamórfica (quartzitos), destacando a qualidade do maciço rochoso-fonte; com aspectos como resistência, dilatação térmica, manchas, dentre outras. Para tanto, deve-se levar em consideração ou prever a existência de altos valores de susceptibilidade magnética (k) em associação com minerais ferromagnéticos (hematita, magnetita, biotita, alguns sulfetos, óxidos-hidróxidos de ferro, dentre outros),

constituintes da rocha, por vezes, causadores de sua anisotropia; e que podem vir a marcar o *fabric* magmático e/ou metamórfico das rochas.

Os dados da susceptibilidade magnética obtidos nos quartzitos coloridos do Seridó Paraibano, retornaram valores significativos em zonas mais foliadas até xistosas, como observados nas amostras de coloração prata, branco, rosa claro e rosa escuro. Em especial, o quartzito de coloração prata, o qual mostrou uma variação de susceptibilidade entre $0.012 - 0.184 \times 10^{-3}$ S.I. Já o quartzito de coloração amarela apresentou comportamento mais regular com valores de SM entre $0.012 - 0.027 \times 10^{-3}$ S.I, demonstrando assim, um padrão relativamente isotrópico em comparação com àqueles observados nas amostras de coloração rosa claro, rosa escuro, prata, branco azul e verde. Assim, poder-se-ia

indicar que tais variações de SM, caracterizam os níveis anisotrópicos das rochas com um aumento/concentração generalizada ou seletiva, de minerais magnéticos, coincidindo com uma maior zona deformacional. No tocante a qualidade do maciço rochoso, esses valores mais elevados de SM poderiam revelar zonas de microfissuras em zonas deformacionais ou deslocamento de camadas nessas rochas metamórficas. Dessa forma, os menores valores de susceptibilidade indicariam uma rocha mais adequada para revestimento pois se obteria uma maior durabilidade, menor possibilidade de manchamento por oxidação de minerais ferrosos e menores anisotropias indicativas de fissuras nas placas de rochas. A figura 21 mostra resumidamente os dados obtidos de SM nos quartzitos coloridos através do susceptibilímetro portátil Kapameter K10.

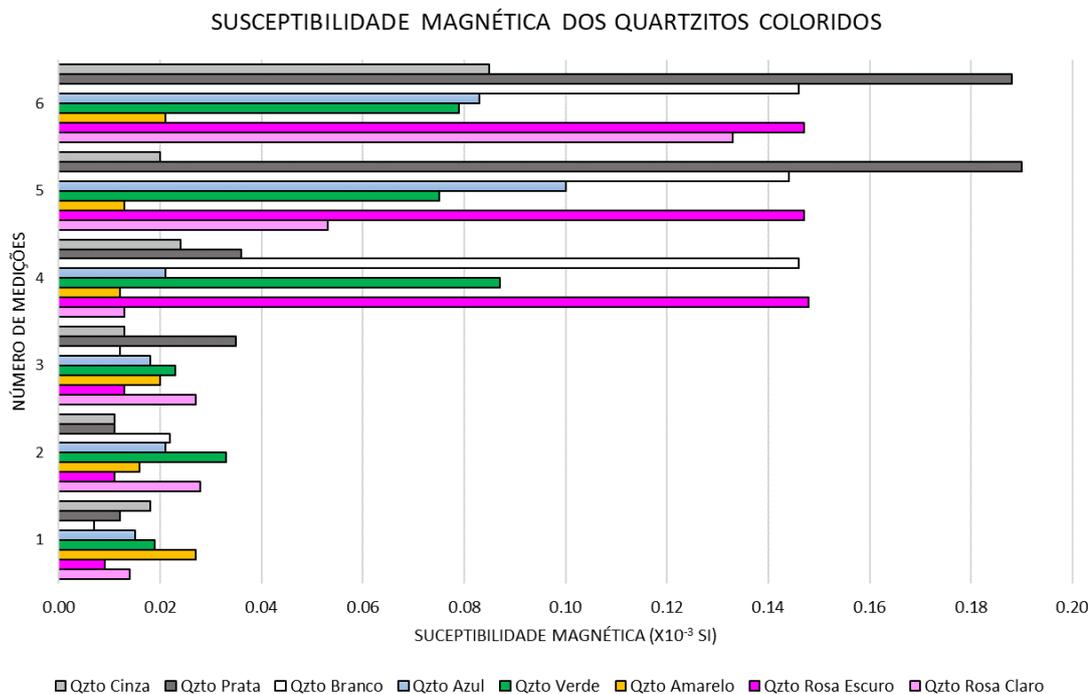


Figura 21. Susceptibilidades magnéticas obtidas em amostras de quartzitos coloridos de Várzea e Junco do Seridó.

6.5. INTEGRAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICO-MECÂNICOS

Parâmetros como Porosidade (Cirilo, 2016), Radiação Ultravioleta (Albuquerque, 2017), Resistência à Flexão em 3 e 4 pontos (Freitas, 2016) e Resistência à Compressão Uniaxial (Barbosa Neto, 2016) foram caracterizados nos quartzitos coloridos de Várzea e Junco do Seridó, interior Paraibano; sendo que as mesmas amostras utilizadas para esses ensaios pretéritos,

foram usadas para a obtenção dos novos parâmetros físicos e químicos apresentados nesse trabalho. A integração das mesmas é o alvo final, de modo que seja produzida uma caracterização tecnológica geral, considerando todos os ensaios já realizados nesses quartzitos, apresentando dados que corroborem qualitativamente, para sua aplicabilidade como rocha ornamental de revestimento.

6.5.1 POROSIDADE

Os índices físicos avaliam as propriedades relacionadas à densidade (kg/m^3), porosidade (%) e absorção de água (%). Os resultados permitem caracterizar o estado de coesão e possíveis alterações da rocha. No caso da porosidade, o ensaio realizado; esta exibe uma relação direta com a resistência físico-mecânica, onde quanto maior for a porosidade menor será a resistência físico mecânica da rocha (Sardou Filho *et. al.*, 2013).

A porosidade de um material é definida pela porcentagem de espaços vazios existentes em uma rocha quando comparada com seu volume

total (Sugio, 2003). Assim, a análise desta propriedade na rocha, nos faz compreender a facilidade ou não da absorção de fluidos. Os quartzitos usados como piso ou revestimento podem estar frequentemente em contato com água, sejam com águas pluviais na área externa ou ainda em área molhadas de uma edificação, como área de lazer e banheiros. Essa interação com a água pode alterar cor e resistência da rocha.

A figura 22 sumariza os dados de porosidade aparente obtidos nas amostras de quartzitos analisadas.

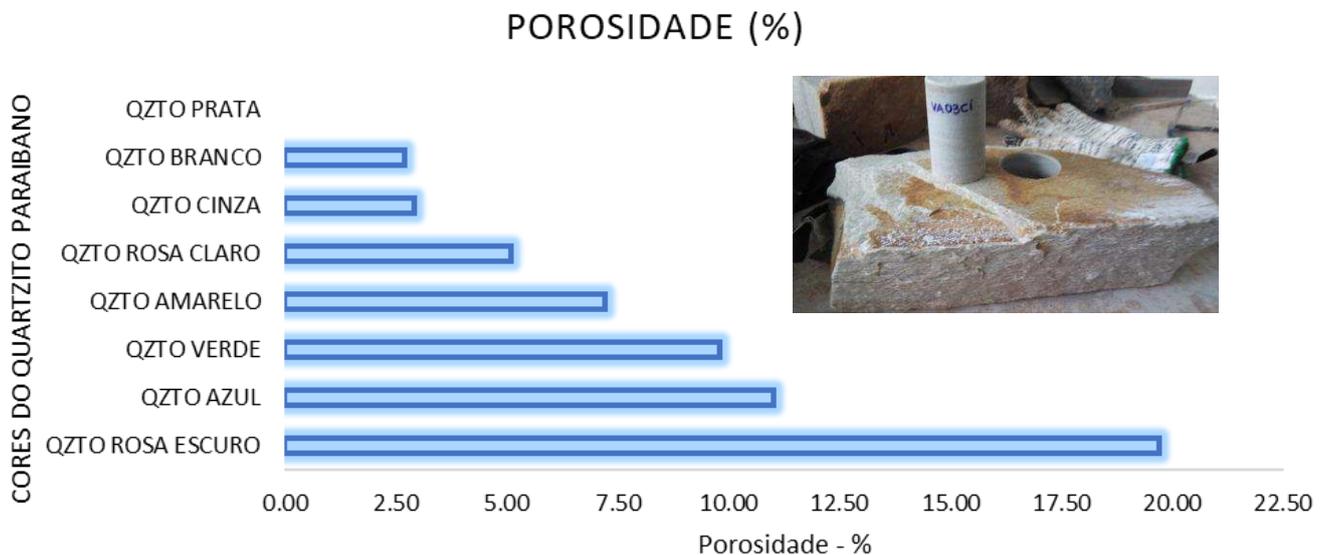


Figura 22. Ensaios de porosidade aparente nas amostras de quartzito do Seridó Paraibano. Ao lado, observa-se um dos corpos de prova cilíndricos (quartzito cinza), (Cirilo, 2016).

A porosidade apresenta variações significativas nos quartzitos coloridos amostrados. Evidencia-se que o quartzito de coloração rosa escuro apresenta a maior porosidade média entre as amostras analisadas (20%), ao correlacioná-lo com possíveis rochas-protólito, estaria este associado às rochas sedimentares como o arenito, cuja porosidade está entre 5 a 30% (Fetter, 1994). Os quartzitos verde e azul, também podem ser correlacionados às sedimentares, como arenito e folhelho, uma vez que este último tem porosidade inferior a 10% (Fetter, 1994). Possivelmente, a maior concentração de quartzo nos quartzitos rosa claro, branco e cinza faz dessas amostras àquelas de menores porosidades; sendo o quartzito

cinza a representante de menor porosidade medida (< 2,0%).

Além da presente do presente trabalho, outros estudos abordaram ensaios físico-mecânicos para a caracterização de rochas para revestimento. Quanto aos índices físicos referentes à propriedade de Porosidade Aparente os quartzitos analisados por Fernandes, (2002, 2003) apresentam valores variando de 0,5 a 2,5 %, com uma concentração maior no intervalo de 0,8 a 1,0 %, em quartzitos ornamentais oriundos de São Tomé das Letras e Luminárias, em Minas Gerais. Já os trabalhos de Correia *et al.*, 2014 abordaram esse parâmetro em diferentes tipologias de rochas, sendo

analisada porosidade em granitos, mármore e calcários da região de Évora, em Portugal, cuja variação absoluta foi entre 0,2 a 4%. Assim

sendo, a figura 23 ilustra o contraste de resultados de porosidade obtidos entre diferentes litotipos de origens variadas.

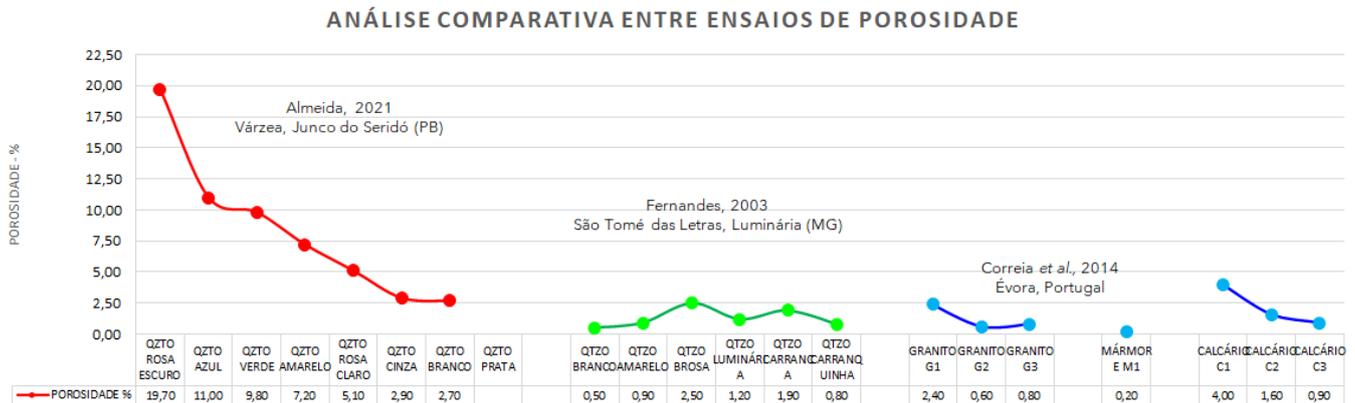


Figura 23. Análise comparativa da porosidade entre os quartzitos do Seridó Paraibano, quartzitos de São Tomé das Letras e Luminárias, em Minas Gerais além de granitos, mármore e calcários portugueses. As diferenças de valores absolutos observados nos quartzitos paraibanos devem-se às anisotropias estruturais e mineralógicas (minerais de intemperismo) mais evidentes nestes em detrimento dos demais.

6.5.2 RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA

A ação dos agentes intempéricos muitas vezes provoca a deterioração da superfície exposta da rocha, seja através da modificação de seu aspecto estético (perda de brilho e alteração cromática), seja pela danificação da rocha (escamação, manchamentos etc.) (Frasca, 2002).

Os principais agentes de agressão, formadores das chamadas patologias nos revestimentos, referem-se tanto às substâncias ácidas ou alcalinas convencionalmente manuseadas nos ambientes internos (residenciais e industriais), quanto as chuvas ácidas e outras manifestações de poluição atmosférica incidente, sobretudo, nos revestimentos externos. Ressalta-se que os diferentes tipos e variedades de rochas reagem de maneira distinta a esses agentes agressivos e que a maior parte dos problemas, observados nas obras de construção, poderia ser prevenida mediante o conhecimento das características tecnológicas das rochas (Filho *et al.*, 2009).

No caso dos quartzitos, em geral, há a predominância na sua mudança de coloração. Vários fatores são responsáveis por esse evento, dentro esses, destaca-se:

- Presença de minerais que, quando alterados, perdem suas características iniciais, como a coloração original, comprometendo também a estética do material;
- Existência de minerais ferrosos (sulfetos/óxidos) que, quando oxidados, produzem manchas castanhas na superfície da rocha;
- Deposição de sujeira na superfície ocasiona uma aparência amarelada na rocha;
- Amarelamento de ceras ou outras películas utilizadas na proteção ou impermeabilização da superfície da placa;

Dessa forma, as amostras de quartzito foram submetidas ao ensaio de resistência ao intemperismo acelerado em câmara de luz ultravioleta (UV), num ciclo completo de 28 dias, para a simulação de desgaste na coloração dessas rochas coloridas (Figura 24, tabela 09) (Albuquerque, 2017).

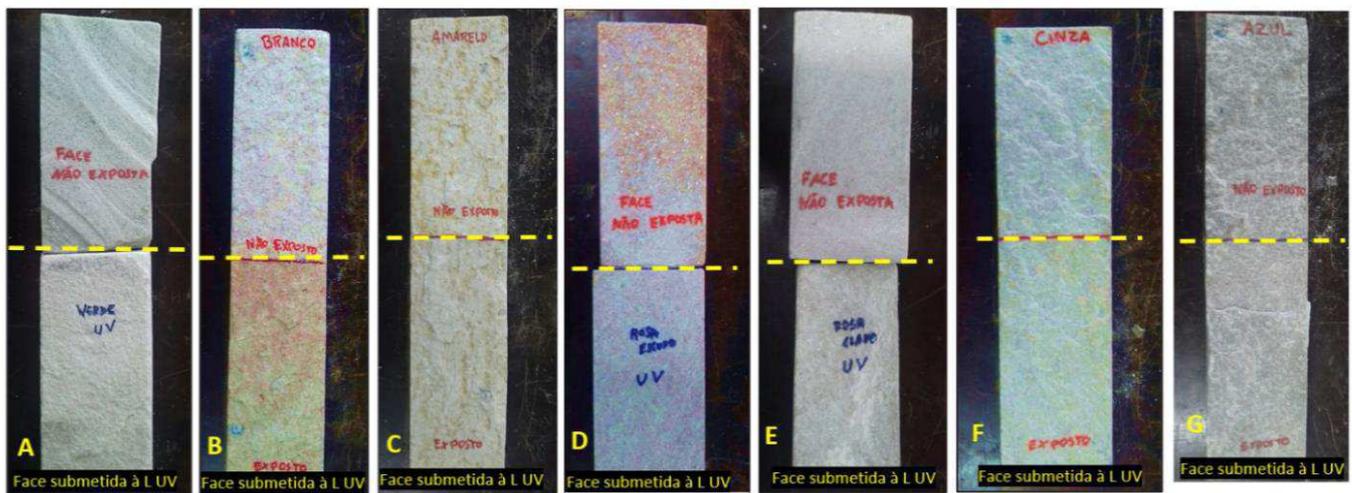


Figura 24. Efeito da ação da luz ultravioleta (UV), do estudo de Albuquerque (2017), sobre as amostras de quartzitos coloridos através do uso de equipamento QUV/spray, o qual reproduz os danos causados pela luz do sol, chuva e orvalho. (A) Qtzo Verde, (B) Qtzo Branco, (C) Qtzo Amarelo, (D) Qtzo Rosa Escuro, (E) Qtzo Rosa Claro, (F) Qtzo Cinza e (G) Qtzo Azul.

LITO_ID	Albuquerque, 2017	
	RADIAÇÃO UV	
QZTO ROSA ESCURO	2	Moderado
QZTO AZUL	1	Baixo
QZTO VERDE	3	Alto
QZTO AMARELO	3	Alto
QZTO ROSA CLARO	2	Moderado
QZTO CINZA	1	Baixo
QZTO BRANCO	3	Alto
QZTO PRATA	-	-

Tabela 09. Efeito da ação da luz ultravioleta (UV), do estudo de Albuquerque (2017), sobre as amostras de quartzitos coloridos através com uso de equipamento QUV/spray, que reproduz os danos causados pela luz do sol, chuva e orvalho. (A) Qtzo Verde, (B) Qtzo Branco, (C) Qtzo Amarelo, (D) Qtzo Rosa Escuro, (E) Qtzo Rosa Claro, (F) Qtzo Cinza e (G) Qtzo Azul.

6.5.3 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO UNIAXIAL

Segundo Sardou Filho *et al.* (2013), a tensão por compressão uniaxial é o esforço necessário para provocar a ruptura da rocha quando submetida a esforços compressivos, tendo como objetivo a avaliação da resistência quando a mesma é utilizada como elemento estrutural; obtendo-se assim uma indicação da integridade física e robustez da rocha. Esse parâmetro torna-se essencial para todas as aplicações de uma rocha de revestimento (superfícies verticais, pisos, degraus, tampos, etc). Este parâmetro pode ser determinado em laboratório utilizando, nos casos dos ensaios realizados por Barbosa Neto

(2016), o Martelo Schmidt (Figura 25), onde é possível determinar o valor da resistência à compressão uniaxial de uma maneira mais simples (Ramos, 2009). A resistência à compressão simples das rochas pode ainda ser correlacionada com a sua dureza. A dureza geralmente é associada com a denominada "dureza de Schmidt" que é determinada através do ensaio esclerométrico. Este valor pode ser correlacionado com a resistência à compressão simples da rocha constituinte de acordo com o valor do seu peso volumétrico (González de Vallejo *et al.*, 2002).

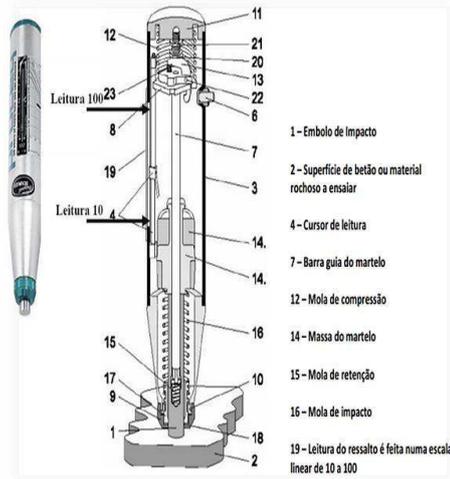


Figura 25. Estrutura do Martelo de Schimdt modelo Proceq Tradicional portátil (esquerda) e ensaio de resistência em pontos de quartzito com martelo de Schimdt, propriedade da UFCG/UAMG. (Barbosa Neto, 2016).

No que diz respeito à resistência, embora as características de deformabilidade do maciço sejam essencialmente dependentes das descontinuidades, é de grande utilidade o seu conhecimento do material-rocha, especialmente quando se trata de maciços de fraca qualidade geomecânica. Este ensaio permite estimar de forma aproximada da resistência à compressão simples, sendo aplicada à matriz rochosa e às

descontinuidades. A aplicabilidade deste ensaio é bastante elevada devido à sua simplicidade, não destrutiva, rapidez e fácil portabilidade (Ramos, 2009). Para a densidade foram utilizados dados da literatura: Quartzitos: 2.64 a $2.65 \text{ g/cm}^3 = 26.0 \text{ kN/m}^3$. A partir dos ensaios laboratoriais, nos quartzitos coloridos, foram calculados os valores da Resistência a Compressão Uniaxial (Mpa), de cada amostra, conforme figura 26.

ENSAIOS TECNOLÓGICOS			
RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO UNIAXIAL			
Rocha - Cor	QUARTZITO BRANCO		
Densidade	26.0 kN/m ³		
Valores de R na vertical	38 - 33 - 44 - 40 - 33 - 41 - 43 - 33 - 42 - 34		
Valores de R na horizontal	44 - 40 - 42 - 32 - 32		
Dureza Schmidt	42.00	Resis. Comp. Uniaxial	90 Mpa

ENSAIOS TECNOLÓGICOS			
RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO UNIAXIAL			
Rocha - Cor	QUARTZITO AMARELO		
Densidade	26.0 kN/m ³		
Valores de R na vertical	35 - 34 - 39 - 40 - 31 - 38 - 34 - 36 - 34 - 35		
Valores de R na horizontal	35 - 39 - 42 - 42 - 32		
Dureza Schmidt	37.60	Resis. Comp. Uniaxial	78 Mpa

ENSAIOS TECNOLÓGICOS			
RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO UNIAXIAL			
Rocha - Cor	QUARTZITO VERDE		
Densidade	26.0 kN/m ³		
Valores de R na vertical	15 - 11 - 12 - 16 - 13 - 14 - 18 - 20 - 14 - 16		
Valores de R na horizontal	14 - 12 - 13 - 11 - 12		
Dureza Schmidt	17.00	Resis. Comp. Uniaxial	25 Mpa

ENSAIOS TECNOLÓGICOS			
RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO UNIAXIAL			
Rocha - Cor	QUARTZITO AZUL		
Densidade	26.0 kN/m ³		
Valores de R na vertical	50 - 52 - 55 - 54 - 58 - 54 - 58 - 55 - 52 - 49		
Valores de R na horizontal	58 - 60 - 50 - 57 - 48		
Dureza Schmidt	56.00	Resis. Comp. Uniaxial	220 Mpa

ENSAIOS TECNOLÓGICOS			
RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO UNIAXIAL			
Rocha - Cor	QUARTZITO CINZA		
Densidade	26.0 kN/m ³		
Valores de R na vertical	54 - 56 - 55 - 54 - 60 - 57 - 56 - 55 - 48 - 48		
Valores de R na horizontal	46 - 56 - 51 - 47 - 48		
Dureza Schmidt	56.80	Resis. Comp. Uniaxial	225 Mpa

ENSAIOS TECNOLÓGICOS			
RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO UNIAXIAL			
Rocha - Cor	QUARTZITO ROSA		
Densidade	2.60 kN/m ³		
Valores de R na vertical	17 - 16 - 14 - 10 - 14 - 15 - 15 - 16 - 14 - 18		
Valores de R na horizontal	18 - 15 - 14 - 13 - 13		
Dureza Schmidt	16.40	Resis. Comp. Uniaxial	25 Mpa

Figura 26. Resistência a Compressão Uniaxial em quartzitos Paraibanos (Barbosa Neto, 2016).

Os resultados apresentados nos ensaios de resistência à compressão uniaxial mostram variações significativas entre as amostras analisadas. Os quartzitos nas cores Branco, Cinza, Azul e Amarelo mostram-se mais resistentes quando comparados com àqueles

nas cores Verde e Rosa Escuro. A composição mineralógica dessa rocha, a qual domina sua coloração, aparenta ser de importância bastante relevante para a caracterização de sua resistência. Os quartzitos de tons mais claros, independente da coloração, mostram

resistências bem inferiores em detrimento das cores mais escuras, podendo este fato estar relacionado ao conteúdo de quartzo presente

nas rochas mais escuras possuírem maior concentração.

6.5.4 RESISTÊNCIA À FLEXÃO EM 3 E 4 PONTOS

A flexão em três pontos também chamado de módulo de ruptura, determina a tensão (Mpa) que provoca ruptura da rocha quando submetida a esforços flexores. Nesse caso, avalia-se sua aptidão para uso em revestimentos, elemento estrutural, bem como fornecimento de parâmetro para resistência a tração. Como no parâmetro de compressão, a resistência flexural é também indicativa da robustez e sanidade da rocha. Seus valores indicam a tensão máxima de flexão que a rocha suporta além de influenciar, diretamente, nos cálculos de espessura e dimensões das placas de rocha a serem instaladas.

Um segundo ensaio tecnológico, igualmente utilizado na caracterização de rochas, é a resistência a flexão em quatro pontos, o qual é importante para o dimensionamento de placas a serem utilizadas no revestimento de fachadas com uso de sistemas de ancoragem metálica para a sua fixação.

Para os quartzitos coletados, ambos os ensaios foram realizados por Freitas (2016), cujos resultados estão integrados a essa pesquisa e sumarizados na figura 27.

RESISTÊNCIA À FLEXÃO EM 3 PONTOS			RESISTÊNCIA À FLEXÃO EM 4 PONTOS		
LITO_ID	FORÇA DE RUPTURA (KN)	TENSÃO DE RUPTURA (Mpa)	LITO_ID	FORÇA DE RUPTURA (KN)	TENSÃO DE RUPTURA (Mpa)
OZTO AMARELO	4,66	5,59	OZTO AMARELO	3,27	20,71
OZTO ROSA ESCURO	6,36	7,64	OZTO ROSA ESCURO	4,03	25,54
OZTO VERDE	7,75	9,30	OZTO VERDE	4,16	26,36
OZTO ROSA CLARO	8,36	10,04	OZTO ROSA CLARO	4,24	27,43
OZTO AZUL	10,53	12,63	OZTO AZUL	10,53	66,66
OZTO BRANCO	18,52	22,22	OZTO BRANCO	18,92	119,83
OZTO CINZA	36,23	43,47	OZTO CINZA	25,00	160,65

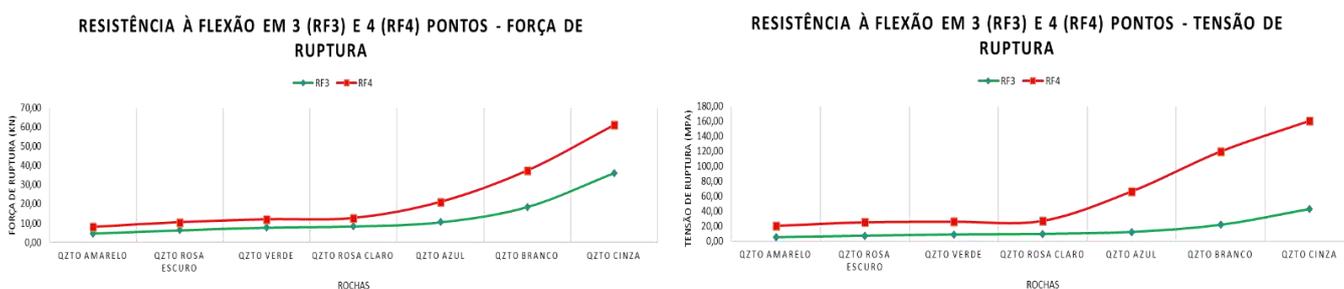


Figura 27. Dados tratados de resistência flexural de 3 e 4 pontos obtidos por Freitas (2016); ensaiados com os quartzitos coloridos de Várzea e Junco do Seridó, Paraíba. Para os ensaios da Resistência a Flexão em 3 Pontos, a distância entre os roletes foi de 0.20m, largura dos corpos de prova 0.10m e a espessura dos corpos de prova 0.05m. As características dos corpos de prova para os ensaios de resistência à flexão em 04 pontos foram distância entre os roletes foi de 0.38, largura dos corpos de prova 0.10m e a espessura dos corpos de prova 0.03m.

Com base nos valores mínimos existentes na Norma ABNT C616-95 os quartzitos de Junco do Seridó e Várzea estão dentro dos limites mínimos aceitos para rochas ornamentais para fins de revestimento e piso. Todavia, é importante ressaltar que, segundo Souza (2015), se faz

necessário salientar que a ABNT não classifica os revestimentos quanto à resistência à flexão em 4 pontos, embora cite o procedimento para execução. Assim, para suplantar tal questão, usou-se como referência, para efeito de enquadramento, a norma ASTM 880 e ASTM

C120 (ardósia) as quais informam que o valor da tensão de ruptura (TR), deve ser superior a 27 MPa, logo as amostras dessa pesquisa atendem a esse valor para atenderem a finalidade de revestimento.

Amostras de quartzitos coletadas em 20 municípios cearenses, dentre eles destacam-se Nova Russas, Sobral, Beberibe, Santana do Acaraú foram submetidas a ensaios de caracterização tecnológica por Santos *et al.*, (2017). Os ensaios abordaram a resistência à compressão uniaxial, resistência à flexão em três pontos, resistência ao desgaste amsler, resistência ao impacto de corpo duro além de ensaios físicos como porosidade, densidade e absorção de água. Os resultados obtidos demonstraram que a média de resistência à compressão uniaxial foi de 72.24 MPa, onde 25% da população amostral foi classificada como muito resistente, 40% tida como resistente e

outros 35% classificadas com resistência média. No tocante à resistência à flexão em 3 pontos, a média para o módulo de ruptura foi de 7.11 MPa, sendo que apenas 30% das amostras atenderam ao valor limítrofe, para esse parâmetro. Os ensaios de porosidade atingiram uma média de 0.98%, com 95% atendendo às especificações mínimas.

Segundo dados de Souza *et al.*, 2001 que realizou ensaios de caracterização tecnológica na região de Várzea (Pedreira Magno) e Junco do Seridó (Pedreira Ipueira), obtiveram resultados de tensão de ruptura em dois grupos de quartzitos A (Várzea) e B (Junco do Seridó), os quais foram considerados de boa qualidade, com base nesse parâmetro. Os dados desse ensaio estão representados na figura 28, contrastando com os resultados obtidos nesse trabalho de pesquisa.

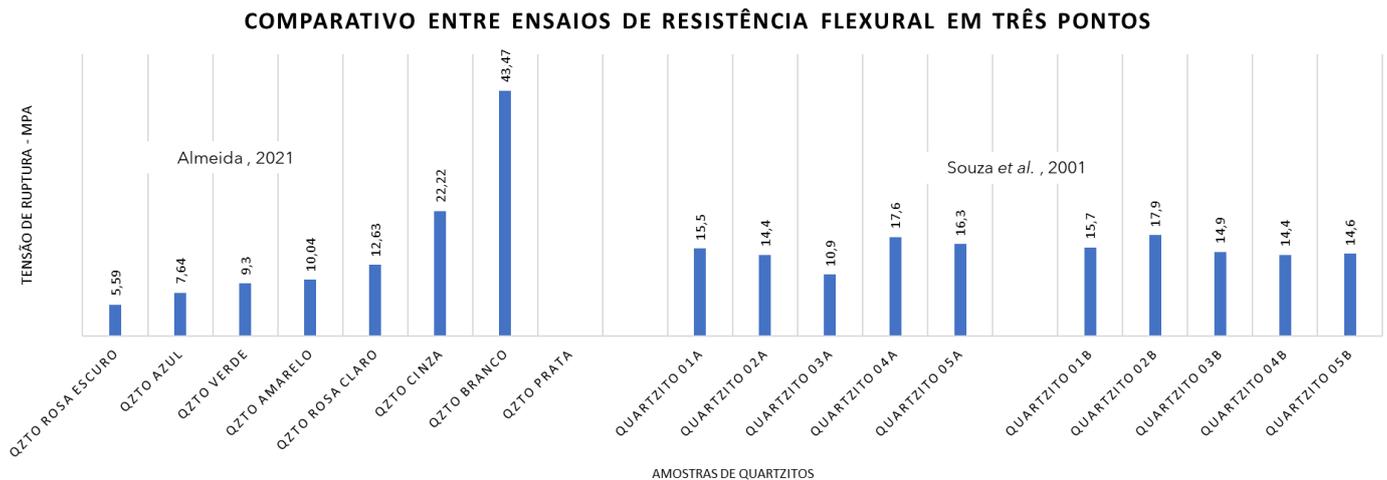


Figura 28. Análise comparativa entre os quartzitos coloridos de Várzea e Junco do Seridó, Paraíba ensaiados para caracterização neste trabalho de pesquisa (Almeida, 2001) e àqueles quartzitos caracterizados por Souza *et al.*, (2001).

Para efeito comparativo entre tipologias de rochas e parâmetros quantitativos médios de alguns dos principais ensaios tecnológicos executados nas principais rochas utilizadas como revestimento, na construção civil, é apresentada a tabela 10.

Com base nos dados obtidos dos ensaios tecnológicos, realizados e integrados, dos

quartzitos multicoloridos do interior Paraibano, mais especificamente dos municípios de Várzea (Serra da Carneira) e Junco do Seridó (Serra do Poção) e expostos na tabela 11; é possível concluir acerca da utilização dessas rochas ornamentais para uso como revestimento, como segue.

Tabela 10. Características físico-mecânicas das rochas a partir dos resultados dos ensaios para os litotipos mais utilizados na construção civil (Modificado de Henrique & Tello, 2006).

ENSAIOS FÍSICO-MECÂNICOS								
PARÂMETROS TECNOLÓGICOS DE REFERÊNCIA								
Sentido Crescente de Qualidade	Absorção de Água (%)	Porosidade Aparente (%)	Coefficiente de Dilatação Térmica (mm/m°C x 10 ⁻³)	Resistência ao Desgaste Amsler (mm)	Resistência ao Impacto (m)	Resistência à Compressão Uniaxial (Mpa)	Resistência Flexural em 3 Pontos (Mpa)	Resistência Flexural em 4 Pontos (Mpa)
	Muito Alta >3,0	Muito Alta >6,0	Muito Alto >12,0	Muito Baixa <6,0	Muito Baixa <0,30	Muito Baixa <40,0	Muito Baixa <6,0	Muito Baixa <4,5
	Alta 1,0 - 3,0	Alta 3,0 - 6,0	Alto 10,0 - 12,0	Baixa 3,0 - 6,0	Baixa 0,3 - 0,5	Baixa 40,0 - 70,0	Baixa 6,0 - 10,0	Baixa 4,5 - 7,0
	Média 0,4 - 1,0	Média 1,0 - 3,0	Médio 8,0 - 10,0	Média 1,5 - 3,0	Média 0,5 - 0,7	Média 70,0 - 130,0	Média 10,0 - 16,0	Média 7,0 - 11,0
	Baixa 0,1 - 0,4	Baixa 0,5 - 1,4	Baixo 6,0 - 8,0	Alta 0,7 - 1,5	Alta 0,7 - 0,95	Alta 130,0 - 180,0	Alta 16,0 - 20,0	Alta 11,0 - 15,0
	Muito Baixa <0,1	Muito Baixa <0,5	Muito Baixo <6,0	Muito Alta <0,7	Muito Alta >0,95	Muito Alta >180,0	Muito Alta >20,00	Muito Alta >15,00

Tabela 11. Síntese de dados obtidos com ensaios laboratoriais para caracterização tecnológica dos quartzitos coloridos de Várzea e Junco do Seridó, interior Paraíba.

LITO_ID	LOCALIDADE	ANISOTROPIA DE SUSCEPTIBILIDADE MAGNÉTICA (10 ⁻³ SI)	PROPRIEDADES TÉRMICAS			GEOQUÍMICA PRINCIPAIS ELEMENTOS EM CONCENTRAÇÃO (ppm, %)	PETROGRAFIA NOMENCLATURA DE ROCHA MINERALOGIA - PRINCIPAL (SECUNDÁRIA)
			CONDUTIVIDADE W/m.K	DIFUSIBILIDADE x10 ⁻⁶ m ² s ⁻¹	CALOR ESPECÍFICO x10 ⁻³ J/m ³ .K		
OZTO ROSA ESCURO	S. da Carneira, Junco do Seridó	0.079	3.46	1.49	2.31	Zn, V, Sr, Rb, P, Pb, Ni, Ba, K, Al	Lepidolita Ozto - Oz+Lep (Zir, Op)
OZTO AZUL	S. do Poção, Várzea	0.052	4.24	1.82	2.36	Zn, Sr, Rb, P, La, Ce, Ba, Ca, K, Al	Muscovita Ozto - Oz+Musc+Ep (Op, Calc)
OZTO VERDE	S. da Carneira, Junco do Seridó	0.053	3.11	1.45	2.18	Zn, Sr, Rb, Pb, P, Ni, La, Ce, Ba, Al	Fuchsite Ozto - Oz+Fuch (Op, Zir, Ap)
OZTO AMARELO	S. do Poção, Várzea	0.018	3.33	1.58	2.11	Zr, Zn, Rb, P, La, Ce, Ba, K, Al	Muscovita Ozto - Oz+Musc+Micr (Hidrx, Fe, Op, Zir)
OZTO ROSA CLARO	S. da Carneira, Junco do Seridó	0.054	1.91	1.05	2.00	Zn, V, Sr, Rb, P, Pb, Ni, Ba, K, Al	Lepidolita Ozto - Oz+Lep (Feld, Ap, Zir, Op)
OZTO CINZA	S. do Poção, Várzea	0.032	4.25	1.85	2.28	Zr, Zn, Sr, Rb, P, Ce, Ba, K, Al	Muscovita Ozto - Oz+Musc+Feld (Op, Ep, Calc, Turm, Ap)
OZTO BRANCO	S. do Poção, Várzea	0.080	2.97	1.42	2.11	Zn, Sr, Rb, P, La, Cu, Ce, B, K, Al	Muscovita Ozto - Oz+Musc+Ep+Feld (Zir, Op)
OZTO PRATA	S. da Carneira, Junco do Seridó	0.094	3.28	1.45	2.24	Zr, Zn, Sr, Rb, P, La, Ce, Ba, Fe, Al	Muscovita Ozto - Oz+Musc+Feld+Op (Biot)

LITOLOGIA	LOCALIDADE	CIRILO, 2016	ALBUQUERQUE, 2017	FREITAS, 2016				BARBOSA NETO, 2016	
		POROSIDADE (%)	RADIAÇÃO UV	RESISTÊNCIA A FLEXÃO 3 PTS		RESISTÊNCIA A FLEXÃO 4 PTS		RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO UNIAXIAL	
				Força de Ruptura (KN)	Tensão de Ruptura (Mpa)	Força de Ruptura (KN)	Tensão de Ruptura (Mpa)	Dureza Schimidt	Resist. Comp. Uniaxial Mpa
OZTO ROSA ESCURO	S. da Carneira, Junco do Seridó	19.70	Moderado	6.36	7.64	4.16	26.36	16.40	25
OZTO AZUL	S. do Poção, Várzea	11.00	Baixo	10.53	12.63	10.53	66.66	56.00	220
OZTO VERDE	S. da Carneira, Junco do Seridó	9.80	Alto	7.75	9.30	4.03	25.54	17.00	25
OZTO AMARELO	S. do Poção, Várzea	7.20	Alto	4.66	5.59	3.27	20.71	37.60	78
OZTO ROSA CLARO	S. da Carneira, Junco do Seridó	5.10	Moderado	8.36	10.04	4.24	27.43	-	-
OZTO CINZA	S. do Poção, Várzea	2.90	Baixo	36.23	43.47	25.00	160.65	56.80	225
OZTO BRANCO	S. do Poção, Várzea	2.70	Alto	18.52	22.22	18.92	119.83	42.00	90
OZTO PRATA	S. da Carneira, Junco do Seridó	-	-	-	-	-	-	-	-

Os quartzitos coloridos do Seridó Paraíba, além da beleza estética apresentam características qualitativas que os colocam como adequados para a finalidade de revestimentos sejam internos e/ou externos, levando-se em consideração os critérios de resistência,

durabilidade, ambiente de aplicação, dentre outros. Os principais parâmetros analisados em laboratório e, interpretados nesse estudo quanto a sua aplicabilidade como rocha de revestimento, encontram-se sumarizados na tabela 12.

Tabela 12. Resumo das aplicações mais adequadas para rocha revestimentos dos quartzitos coloridos.

SÍNTESE DE ENSAIOS TECNOLÓGICOS PARA REVESTIMENTOS - QUARTZITOS COLORIDOS DE JUNCO DO SERIDÓ E VÁRZEA, SERIDÓ PARAIBANO									
QUARTZITO	RADIAÇÃO UV (Albuquerque, 2017)	POROSIDADE (Cirilo, 2016)	RESISTÊNCIA À FLEXÃO (Freitas, 2016)		RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO UNIAXIAL (Barbosa Neto, 2016)	SUSCEPTIBILIDADE MAGNÉTICA (Almeida, 2021)	CONDUTIVIDADE TÉRMICA E ASSOCIAÇÕES (Almeida, 2021)	ANÁLISE PETROGRÁFICA (Almeida, 2021)	ANÁLISE QUÍMICA (Almeida, 2021)
			EM 3 PONTOS	EM 4 PONTOS					
Amarelo	Interno	Interno	Interno	Interno	Interno	Interno/Externo	Externo	Interno/Externo	Interno/Externo
Azul	Interno/Externo	Interno	Interno	Interno	Externo/Interno	Interno	Externo	Interno/Externo	Interno/Externo
Branco	Interno	Interno/Externo	Externo/Interno	Externo/Interno	Interno	Interno	Interno/Externo	Interno/Externo	Interno/Externo
Cinza	Interno/Externo	Interno/Externo	Externo/Interno	Externo/Interno	Externo/Interno	Interno/Externo	Externo	Interno/Externo	Interno/Externo
Rosa Claro	Interno/Externo	Interno/Externo	Interno	Interno	-	Interno	Interno/Externo	Interno/Externo	Interno/Externo
Rosa Escuro	Interno	Interno	Interno	Interno	Interno	Interno	Externo	Interno/Externo	Interno/Externo
Verde	Interno	Interno	Interno	Interno	Interno	Interno	Externo	Interno/Externo	Interno/Externo
Prata	-	-	-	-	-	Interno	Externo	Interno/Externo	Interno/Externo

7. CONCLUSÕES

Os valores de porosidade obtidos para os quartzitos nas cores rosa escuro, azul, amarelo e verde são apropriados para aplicação, preferencialmente, em ambientes internos; entretanto, os correspondentes litológicos de coloração cinza, branco e rosa claro são recomendados também para ambientes externos, haja visto que os valores de porosidade são relativamente baixos.

O ensaio com radiação natural ultravioleta (UV) foi usado para avaliar a resistência dos quartzitos à agentes intempéricos, simulando deterioração, uma vez que a luz UV é a principal responsável por quase toda a fotodegradação no que tange à durabilidade dos materiais expostos ao ar livre. As lâmpadas fluorescentes da QUV simulam as críticas e curtas ondas UV e reproduzem, de forma realística, os danos que são causados pelo sol. Os principais eventos incluem mudança na cor, perda de brilho, escamação, rachaduras, fissuras, nevoas, bolhas, fragilização, perda de força e oxidação. Nesse aspecto, as maiores alterações foram observadas, na seguinte ordem decrescente: quartzito verde, branco, amarelo, rosa escuro, rosa claro, cinza e azul. Sendo que todas as amostras analisadas podem ser empregadas em ambientes internos; todavia, por esse parâmetro, os quartzitos de coloração rosa claro, cinza e azul, poderiam ser empregados em exteriores, por apresentarem menor alterabilidade às intempéries.

Os testes de resistência a flexão em três e quatro pontos mostram, de forma geral, que todas as variedades dos quartzitos coloridos apresentam competência e densidade suficiente que lhes conferem uma grande capacidade de resistência a esforços compressivos, consolidando-se como um material aplicável, estruturalmente, na construção civil. Dentre eles, os mais resistentes são recomendados tanto para revestimento de paredes quanto pisos. Os menos resistentes seriam mais indicados para o uso restrito de revestimentos. Àqueles de coloração cinza e branco destacaram-se pela maior resistência, em

detrimento do quartzito amarelo que se mostrou como o mais frágil.

Em termos da resistência dos quartzitos à compressão uniaxial, observou-se na análise das estruturas que existe uma diferença significativa no tocante aos níveis de resistência. Uma vez submetidas ao teste de resistência pelo Martelo de Schmidt, os resultados foram discrepantes entre os quartzitos de cores diferentes. As rochas quartzíticas de Várzea/PB (Branco, Cinza, Azul e Amarelo) são, efetivamente, mais resistentes do que àquelas encontradas em Junco do Seridó (Verde, Rosa Claro e Rosa Escuro). Indiscutivelmente, a composição mineralógica da rocha é altamente relevante para a sua resistência, além de outros fatores como porosidade, que influenciam na sua alteração. Adicionalmente, verificou-se que quartzitos de coloração mais clara têm resistência inferior quando comparados às demais cores avaliadas; podendo esse fato ser devido à concentração de minerais ricos em sílica (com predomínio do quartzo), nas rochas mais escuras. Outrossim, a abundância de minerais micáceos contribui para o decaimento dessa resistência.

O quartzito cinza é o que está acima da média, em termos de resistência a compressão uniaxial; juntamente com o litotipo de cor Azul; apresentam os valores de resistência mais elevados.

A resistência de todas as tipologias encontradas no município de Várzea/PB, indica que todas àquelas cores podem ser utilizadas como revestimento em paredes externas e internas; uma vez que, para o uso de placas como piso de revestimento, há considerável submissão à pressão de carga. No tocante aos quartzitos de Junco do Seridó/PB, especialmente, aqueles das cores verde e rosa, são preferencialmente indicados para revestimento em paredes, tendo em vista suas baixas resistências.

Todas as amostras foram submetidas à análise petrográfica, para a visualização detalhada dos constituintes mineralógicos da rocha. Não se fez

necessário a análise adicional sob luz refletida nas seções polidas, para distinção de minerais opacos (não-transparentes), alguns sulfetos (pirita, calcopirita, etc.) e óxidos (magnetita, ilmenita, etc.). Através dessa análise, determinou-se a composição mineralógica modal, natureza da rocha, relações texturais e o estado microfissural dos cristais, alterações metassomáticas/hidrotermais e outras feições que poderiam comprometer o lustro, durabilidade e o desempenho desses materiais rochosos. Dominantemente, foi descrito um mica quartzito multicolorido de baixo grau metamórfico e deformação moderada (S_0 e S_1 bem marcantes); com dominância de quartzo, micas (muscovita, lepidolita, fuchsite e biotita), feldspato, epidoto, calcita e, secundariamente; apatita, zircão, turmalina, hidróxido de ferro, microclina. Estruturas como foliação e xistosidade são desenvolvidas de forma variável nessas rochas, por vezes pervasiva; como observado no muscovita quartzito (coloração prata) ora incipiente nas demais colorações. A textura é predominantemente granolepidoblástica nos quartzitos coloridos, mas o correspondente maciço é comum nos muscovita e fuchsite quartzitos, de coloração respectivamente, azul e verde. Tais variações anisotrópicas originárias de estruturas/texturas refletem em vários aspectos tecnológicos de caracterização dessas rochas para a função ornamental e de revestimento, especialmente em aspectos críticos como resistência, durabilidade e coloração das peças de rocha.

Os testes de anisotropia de susceptibilidade magnética (ASM) mostram três grupos de rochas distintos: (i) Baixa ASM: Quartzitos Amarelo e Cinza; (ii) Moderada ASM: Quartzitos Azul, Verde e Rosa Claro e, (iii) Alta ASM: Quartzitos Rosa Escuro, Branco e Prata. Assim, considerando que as melhores rochas são aquelas que apresentam menores valores de ASM, o que lhes garante maior resistência ao desgaste mecânico e intempérico, mantendo-se as características estéticas preservadas por um tempo relativamente longo, as tipologias mais adequadas para ambientes externos e internos

seriam os tipos Amarelo e Cinza e as demais cores, teriam o seu uso mais restrito, para revestimentos internos, especialmente paredes.

O quartzito como rocha metamórfica cujo componente principal é o quartzo (>75% como ordem de grandeza), pode ter como protólito arenitos quartzosos, tufos e riolitos silicosos e chert silicoso. Bolsões ou veios de quartzo, normalmente produtos de segregação metamórfica, por vezes são retrabalhados por cataclase e metamorfismo dando origem a quartzitos semelhantes aos de origem sedimentar. A composição elementar foi obtida pela digestão multiácida (ICP MS). Adicionalmente, utilizou-se o espectrômetro de raios-X portátil (XRF) para a leitura dos óxidos. O resultado mostra que a proveniência dos quartzitos é sedimentar, arenitos quartzosos. Isso explicaria, as amplas variações em termos de porosidades, composição mineralógica/química e a susceptibilidade às alterações intempéricas bem marcada na rocha metamórfica (quartzito). Secundariamente, minerais como turmalina, magnetita, epidoto, óxidos, biotita e opacos foram identificados. Elementos como ferro e demais óxidos, podem sofrer transformações por agentes intempéricos, causando a mudança de coloração em algumas peças, favorecendo o desgaste e, conseqüentemente, facilitando a geração de microfissuras nas placas de revestimento.

A condutividade térmica e demais associações como difusibilidade e calor específico, demonstram que as rochas de melhor qualidade são aquelas com os menores valores absolutos, especialmente para o conforto térmico, assim sendo, ressaltam-se os quartzitos de coloração Rosa Claro e Branco. Os litofácies de coloração Azul e Cinza foram os que apresentaram alta condutividade térmica enquanto que as demais colorações (Verde, Prata, Amarelo e Rosa Claro) apresentaram valores medianos. Assim, Todas as amostras analisadas poderiam ser usadas como revestimento, todavia, para isolamento térmico, os mais indicados, em ordem, é Quartzito Rosa Claro > Quartzito Branco > Quartzito

Verde>Quartzito Prata>Quartzito
Amarelo>Quartzito Rosa Escuro>Quartzito
Azul>Quartzito Cinza.

Em síntese, os produtos aqui apresentados (Figuras 29 a 36), podem ser considerados um grande avanço no conhecimento qualitativo das rochas ornamentais da Paraíba, no tocante às rochas quartzíticas coloridas, provenientes de Várzea e Junco do Seridó. Com base nos ensaios analisados, e considerando o parâmetro qualitativo, essas litologias apresentam as condições necessárias para terem sua aplicação como rocha de revestimento, além do alto padrão estético considerando suas litofácies multicoloridas. Sendo essa a principal contribuição desse estudo para a região.

É importante mencionar que ensaios não contemplados nesse estudo, poderão ser complementados em pesquisas futuras da base de pesquisa do GEBMBS (Grupo de Estudos de Bens Minerais para o Bem da Sociedade), de modo a compor uma caracterização tecnológica mais detalhada para esses importantes litotipos de revestimento oriundos do Seridó paraibano. Como sugestão, vislumbra-se a necessidade de obtenção de parâmetros adicionais como permeabilidade, densidade, desgaste abrasivo, impacto de corpos duros bem como a inserção de outras cores de quartzitos existentes na região.

QUARTZITO ROSA ESCURO

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-MECÂNICAS

Porosidade	19.70%
Capacidade Térmica/ Calor Específico	$2.31 \times 10^{-6} \text{J/m}^3 \cdot \text{K}$
Resistência à Compressão Uniaxial	25 Mpa
Condutividade Térmica	$3.46 \text{ W/m} \cdot \text{K}$
Difusibilidade	$1.49 \times 10^{-6} \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
Radiação Ultravioleta	Moderada
Resistência à Flexão em 3 Pontos Força de Ruptura/Tensão de Ruptura	6.36 KN/ 7.64 Mpa
Resistência à Flexão em 4 Pontos Força de Ruptura/Tensão de Ruptura	4.16 KN/ 26.36 Mpa
Análise Química	Zn, V, Sr, Rb, P, Pb, Ni, Ba, K, Al
Susceptibilidade Magnética	$0.079 \cdot 10^{-3} \text{SI}$

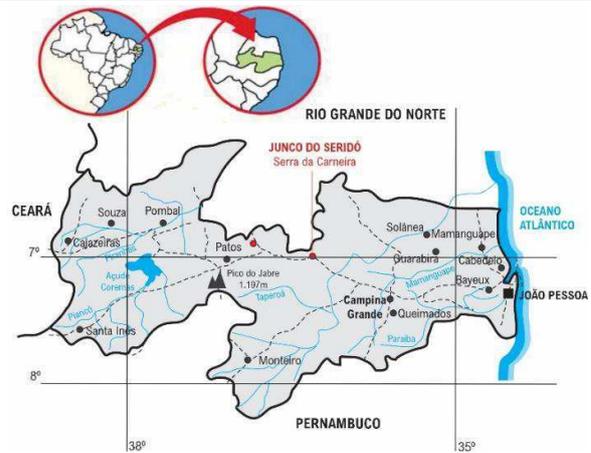
DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA

Lepidolita Qzto - Qz+Lep (Zir, Op). Rocha de cor rosa escura, esbranquiçada com difusas manchas rosa pálido a bege e máculas irregulares e filetes intersticiais de cor rosa. A estrutura é fortemente orientada, estirada, e com textura granoblástica a lepidoblástica de granulação média a grossa, com tamanho dos grãos variando entre 1 e 2 mm, e os maiores cristais de mica atingindo cerca de 2 mm de comprimento. A textura granolepidoblástica é evidenciada pela alternância de bandas ricas em quartzo, com bandas ricas em mica. A deformação é caracterizada pela forte orientação das palhetas de lepidolita em alternância com fitas de quartzo. A rocha não apresenta alteração significativa e possui magnetismo fraco detectado por ímãs fortes.

Quartzo	80%	Opacos	0.5%
Lepidolita	19%	Zircão	0.5%

Figura 29. Quadro-resumo dos parâmetros físico mecânicos do quartzito rosa escuro.

ORIGEM



UTILIZAÇÃO RECOMENDADA

Dominantemente usado para ambientes internos. Esta rocha poderá ser utilizada em revestimentos interiores de paredes, divisórias, pisos, escadas e em pavimentos de baixo tráfego. Apresenta ainda boas características para aplicação em revestimentos externos e em fachadas aeradas e no tocante às bancadas, é fundamental a impermeabilização do material.

MANUTENÇÃO

A limpeza deve ser sistemática e efetuada com esfregão de pano, apenas umedecido em água ou com pequena diluição de detergente com pH neutro ou de sabões puros. Deve-se evitar o excesso de água, bem como de produtos de limpeza abrasivos (sapólio, palha de aço) ou ainda quimicamente agressivos (ácidos em geral, álcool, querosene, acetona, soda cáustica, removedores e solventes). Qualquer substância potencialmente manchante por ataque químico ou absorção superficial, derramada sobre o revestimento, deve ser removida com a máxima rapidez. Deve-se ainda evitar o contato dos revestimentos com materiais ferruginosos oxidáveis.



QUARTZITO ROSA CLARO

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-MECÂNICAS

Porosidade	5.10%
Capacidade Térmica/ Calor Específico	$2.00 \times 10^{-6} \text{J/m}^3 \cdot \text{K}$
Resistência à Compressão Uniaxial	-
Condutividade Térmica	1.91 W/m.K
Difusibilidade	$1.05 \times 10^{-6} \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
Radiação Ultravioleta	Moderada
Resistência à Flexão em 3 Pontos Força de Ruptura/Tensão de Ruptura	8.36 KN/ 10.04 Mpa
Resistência à Flexão em 4 Pontos Força de Ruptura/Tensão de Ruptura	4.24 KN/ 27.43 Mpa
Análise Química	Zn, V, Sr, Rb, P, Pb, Ni, Ba, K, Al
Susceptibilidade Magnética	$0.054 \cdot 10^{-3} \text{SI}$

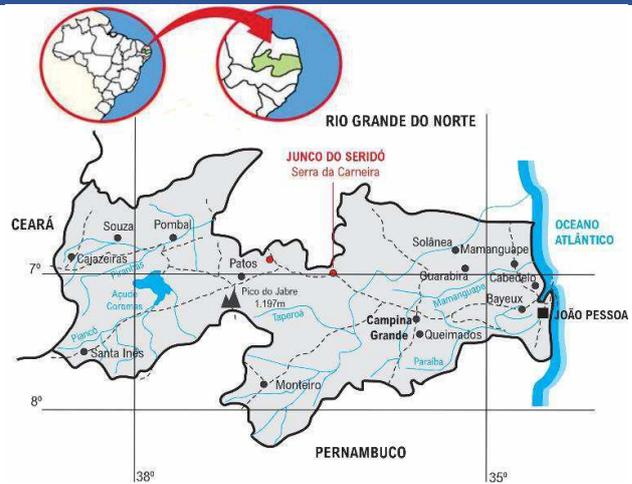
DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA

Lepidolita Qzto - Qz+Lep (Feld, Ap, Zir, Op). Quartzito levemente rosado, pulverulento, com fácil desagregação das palhetas de mica, foliação bem evidente, com cristais de granulação média e alternância entre bandas de quartzo com micas levemente rosadas. Rocha de cor rosa claro, esbranquiçada com difusas manchas rosa pálido a bege e máculas irregulares e filetes intersticiais de cor rosa. A estrutura é fortemente orientada, e com textura granoblástica a lepidoblástica de granulação média, com tamanho dos grãos variando entre 0,3 e 1 mm, e cristais de mica atingindo cerca de 2 mm de comprimento. A deformação é caracterizada pela forte orientação das palhetas de lepidolita em alternância com fitas de quartzo. A rocha não apresenta alteração significativa e possui magnetismo muito fraco.

Quartzo	78%	Opacos	1%
Feldspatos	1%	Zircão	1%
Lepidolita	18%	Apatita	1%

Figura 30. Quadro-resumo dos parâmetros físico mecânicos do quartzito rosa claro.

ORIGEM



UTILIZAÇÃO RECOMENDADA

Dominantemente usado para ambientes internos. Esta rocha poderá ser utilizada em revestimentos interiores de paredes e divisórias. Apesar de não termos avaliação de performance, a composição mineralógica e os índices físicos-mecânicos sugerem a possibilidade de utilização em revestimentos externos. No tocante às bancadas, é fundamental a impermeabilização do material.

MANUTENÇÃO

A limpeza deve ser sistemática e efetuada com esfregão de pano, apenas umedecido em água ou com pequena diluição de detergente com pH neutro ou de sabões puros. Deve-se evitar o excesso de água, bem como de produtos de limpeza abrasivos (sapólio, palha de aço) ou ainda quimicamente agressivos (ácidos em geral, álcool, querosene, acetona, soda cáustica, removedores e solventes). Qualquer substância potencialmente manchante por ataque químico ou absorção superficial, derramada sobre o revestimento, deve ser removida com a máxima rapidez. Deve-se ainda evitar o contato dos revestimentos com materiais ferruginosos oxidáveis.



QUARTZITO AZUL

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-MECÂNICAS

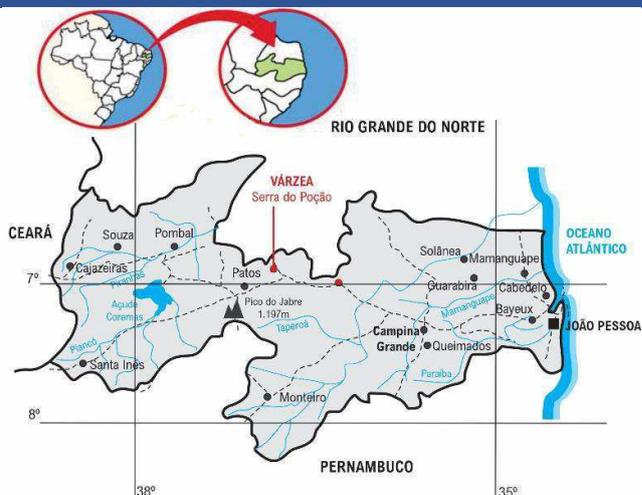
Porosidade	11%
Capacidade Térmica/ Calor Específico	$2.36 \times 10^{-6} \text{J/m}^3 \cdot \text{K}$
Resistência à Compressão Uniaxial	220 Mpa
Condutividade Térmica	4.24 W/m.K
Difusibilidade	$1.82 \times 10^{-6} \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
Radiação Ultravioleta	Baixa
Resistência à Flexão em 3 Pontos Força de Ruptura/Tensão de Ruptura	10.53 KN/ 12.63 Mpa
Resistência à Flexão em 4 Pontos Força de Ruptura/Tensão de Ruptura	10.53KN/ 66.66Mpa
Análise Química	Zn, Sr, Rb, P, La, Ce, Ba, Ca, K, Al
Susceptibilidade Magnética	$0.052 \cdot 10^{-3} \text{SI}$

DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA

Muscovita Qzto - Qz+Musc+Ep (Op, Calc). Rocha de cor marrom claro, com difusas manchas esbranquiçadas e aspecto açúcarado. Na visão lateral é observa-se alto grau de recristalização, com granulação fina e cor levemente azulada/esverdeada. Há filetes intersticiais de cor azul esverdeado, com estrutura fortemente orientada, textura granoblástica a lepidoblástica de granulação fina, com os maiores cristais ou agregados de cristais atingindo cerca de 1 mm de comprimento. Apresenta textura granolepidoblástica muito fina com tamanho dos grãos variando entre 0,1 e 0,3 mm, evidenciada por níveis enriquecidos em muscovita alternados com níveis quartzosos. A deformação é caracterizada pela forte orientação das palhetas de muscovita, juntamente com fitas de quartzo. A rocha não apresenta alteração significativa e possui leve magnetismo.

Quartzo	60%	Calcita	5%
Muscovita	20%	Opacos	tr
Epidoto/Clinozoisita	15%		

ORIGEM



UTILIZAÇÃO RECOMENDADA

Esta rocha poderá ser utilizada em revestimentos interiores de paredes, pisos, escadas e em pavimentos de baixo tráfego. Apresenta ainda boas características para aplicação em revestimentos externos e em fachadas aeradas e no tocante às bancadas, é fundamental a impermeabilização do material.

MANUTENÇÃO

A limpeza deve ser sistemática e efetuada com esfregão de pano, apenas umedecido em água ou com pequena diluição de detergente com pH neutro ou de sabões puros. Deve-se evitar o excesso de água, bem como de produtos de limpeza abrasivos (sapólio, palha de aço) ou ainda quimicamente agressivos (ácidos em geral, álcool, querosene, acetona, soda cáustica, removedores e solventes). Qualquer substância potencialmente manchante por ataque químico ou absorção superficial, derramada sobre o revestimento, deve ser removida com a máxima rapidez. Deve-se ainda evitar o contato dos revestimentos com materiais ferruginosos oxidáveis.



Figura 31. Quadro-resumo dos parâmetros físico mecânicos do quartzito azul.

QUARTZITO AMARELO

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-MECÂNICAS

Porosidade	7.20%
Capacidade Térmica/ Calor Específico	$2.11 \times 10^{-6} \text{J/m}^3 \cdot \text{K}$
Resistência à Compressão Uniaxial	78 Mpa
Condutividade Térmica	$3.33 \text{ W/m} \cdot \text{K}$
Difusibilidade	$1.58 \times 10^{-6} \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
Radiação Ultravioleta	Alta
Resistência à Flexão em 3 Pontos Força de Ruptura/Tensão de Ruptura	4.66KN/ 5.59Mpa
Resistência à Flexão em 4 Pontos Força de Ruptura/Tensão de Ruptura	3.27KN/ 20.71Mpa
Análise Química	Zr, Zn, Rb, P, La, Ce, Ba, K, Al
Susceptibilidade Magnética	$0.018 \times 10^{-3} \text{SI}$

DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA

Muscovita Qzto - Qz+Musc+Micr (Hidrox. Fe, Op, Zir)
Quartzito esverdeado, com a parte superior amarelada, oxidada devido a exposição ou variação do lençol freático. Rocha compacta, com foliação bem evidente, cristais de quartzo de granulação fina e delgadas bandas de mica levemente esverdeada e difusas manchas amarelo-escuro a bege. A estrutura é fortemente orientada, e com textura granoblástica a lepidoblástica de granulação fina, com tamanho dos grãos com cerca de 0,1 mm, e os maiores cristais de mica atingindo cerca de 0,5 mm de comprimento. A deformação é caracterizada pela forte orientação das palhetas de muscovita em alternância com fitas de quartzo. A rocha apresenta alteração significativa na parte superior e possui magnetismo muito fraco.

Quartzo	80%	Hidróxidos de Ferro	2%
Microclina	5%	Apatita	tr
Muscovita	12%	Zircão	tr
Opacos	1%		

Figura 32. Quadro-resumo dos parâmetros físico mecânicos do quartzito amarelo.

ORIGEM



UTILIZAÇÃO RECOMENDADA

Esta rocha poderá ser utilizada em revestimentos interiores de paredes, divisórias, pisos, escadas, em pavimentos de baixo tráfego. Poderá ainda ser aplicada em revestimentos de exteriores, caso o conteúdo de ferro (minerais férricos) seja o menor possível. No tocante as bancadas, é fundamental a impermeabilização do material.

MANUTENÇÃO

A limpeza deve ser sistemática e efetuada com esfregão de pano, apenas umedecido em água ou com pequena diluição de detergente com pH neutro ou de sabões puros. Deve-se evitar o excesso de água, bem como de produtos de limpeza abrasivos (sapólio, palha de aço) ou ainda quimicamente agressivos (ácidos em geral, álcool, querosene, acetona, soda cáustica, removedores e solventes). Qualquer substância potencialmente manchante por ataque químico ou absorção superficial, derramada sobre o revestimento, deve ser removida com a máxima rapidez. Deve-se ainda evitar o contato dos revestimentos com materiais ferruginosos oxidáveis.



QUARTZITO VERDE

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-MECÂNICAS

Porosidade	9.80%
Capacidade Térmica/ Calor Específico	$2.18 \times 10^{-6} \text{ J/m}^3 \cdot \text{K}$
Resistência à Compressão Uniaxial	25 Mpa
Condutividade Térmica	3.11 W/m.K

Difusibilidade	$1.45 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
----------------	---

Radiação Ultravioleta	Alta
-----------------------	------

Resistência à Flexão em 3 Pontos Força de Ruptura/Tensão de Ruptura	7.75 KN/ 9.30 Mpa
--	----------------------

Resistência à Flexão em 4 Pontos Força de Ruptura/Tensão de Ruptura	4.03 KN/ 25.54 Mpa
--	-----------------------

Análise Química	Zn, Sr, Rb, Pb, P, Ni, La, Ce, Ba, Al
-----------------	--

Susceptibilidade Magnética	$0.053 \times 10^{-3} \text{ SI}$
----------------------------	-----------------------------------

DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA

Fuchcita Qzto - Qz+Fuch (Op, Zir, Ap). Quartzito esverdeado, pulverulento, com fácil desagregação das palhetas de mica. Apresenta foliação evidente, com cristais de granulação média e alternância de bandas de quartzo com bandas de fuchcita levemente esverdeada. Fuchcita é uma muscovita verde (rica em Cr). Rocha de cor verde, com partes esbranquiçadas concentrações de mica bem desenvolvida em filetes intersticiais de cor verde intensa. A estrutura é fortemente orientada, textura granoblástica a lepidoblástica de granulação média, com tamanho dos grãos variando entre 0,3 e 1 mm, e os maiores cristais de mica atingindo cerca de 2 mm de comprimento. A deformação é caracterizada pela forte orientação da fuchcita em alternância com fitas de quartzo. A rocha não apresenta alteração e possui magnetismo fraco.

Quartzo	80%	Zircão	1%
Fuchcita	15%	Apatita	1%
Opacos	3%		

Figura 33. Quadro-resumo dos parâmetros físico mecânicos do quartzito verde.

ORIGEM

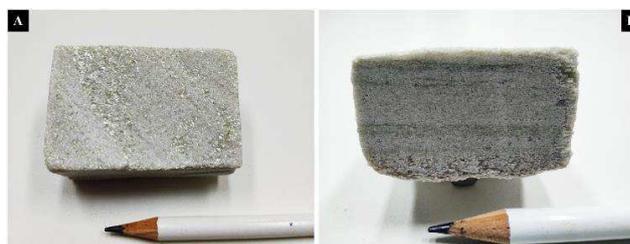


UTILIZAÇÃO RECOMENDADA

Esta rocha poderá ser aplicada nos ambientes internos, em pisos e escadas de muito baixo tráfego, paredes, divisórias, lavabos e mesas. Em banheiros, pode ser usada nas bancadas impermeabilizadas e paredes, mas deve ser evitada no piso do box. Outro ambiente de aplicação restrita é a cozinha, onde é comum materiais de alta fluidez e não tendo resistência contra ácidos, pode adquirir manchas em contato com produtos como vinagre, limão ou materiais de limpeza. Nas áreas externas deve ser evitado porque o material se desgasta com a poluição e intempéries.

MANUTENÇÃO

A limpeza deve ser sistemática e efetuada com esfregão de pano, apenas umedecido em água ou com pequena diluição de detergente com pH neutro ou de sabões puros. Deve-se evitar o excesso de água, bem como de produtos de limpeza abrasivos (sapólio, palha de aço) ou ainda quimicamente agressivos (ácidos em geral, álcool, querosene, acetona, soda cáustica, removedores e solventes). Qualquer substância potencialmente manchante por ataque químico ou absorção superficial, derramada sobre o revestimento, deve ser removida com a máxima rapidez. Deve-se ainda evitar o contato dos revestimentos com materiais ferruginosos oxidáveis.



QUARTZITO BRANCO

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-MECÂNICAS

Porosidade	2.70%
Capacidade Térmica/ Calor Específico	$2.11 \times 10^{-6} \text{J/m}^3 \cdot \text{K}$
Resistência à Compressão Uniaxial	90 Mpa
Condutividade Térmica	2.97 W/m.K
Difusibilidade	$1.42 \times 10^{-6} \text{m}^2 \text{s}^{-1}$
Radiação Ultravioleta	Alta
Resistência à Flexão em 3 Pontos Força de Ruptura/Tensão de Ruptura	18.52KN/ 22.22Mpa
Resistência à Flexão em 4 Pontos Força de Ruptura/Tensão de Ruptura	18.92KN/ 119.83Mpa
Análise Química	Zn, Sr, Rb, P, La, Cu, Ce, B, K, Al
Susceptibilidade Magnética	$0.080 \times 10^{-3} \text{SI}$

DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA

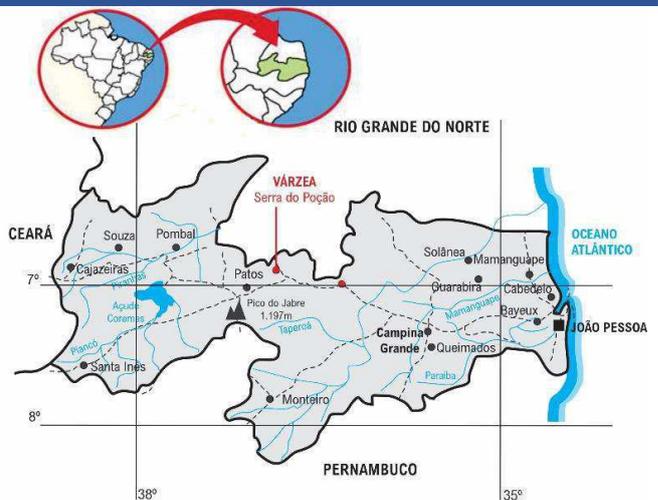
Muscovita Qzto - Qz+Musc+Ep+Feld (Zir, Op)

Rocha de cor verde claro, levemente esbranquiçada e com filetes intersticiais de cor esverdeada. A estrutura é fortemente orientada e com textura granoblástica a lepidoblástica de granulação fina, com os maiores cristais ou agregados de cristais de mica atingindo cerca de 1 mm de comprimento; evidenciada por níveis enriquecidos em muscovita com níveis quartzosos. A deformação é caracterizada pela forte orientação das palhetas de muscovita, juntamente com fitas de quartzo. A rocha não apresenta alteração significativa e possui leve magnetismo detectado por imãs fortes.

Quartzo	75%	Epidoto	8%
Feldspato	5%	Opacos	1%
Muscovita	10%	Zircão	1%

Figura 34. Quadro-resumo dos parâmetros físico mecânicos do quartzito branco.

ORIGEM



UTILIZAÇÃO RECOMENDADA

Esta rocha poderá ser utilizada em revestimentos interiores de paredes, divisórias, escadas, pavimentos de baixo tráfego e em pisos desde que impermeabilizados. Poderá ainda ser aplicada em revestimentos de exteriores com restrições. No caso de fachadas aeradas será necessário efetuar ensaios complementares de resistência à ancoragem, durabilidade, resistência à cristalização de sais e resistência ao choque térmico a depender da região geográfica. No tocante às bancadas, é fundamental a impermeabilização do material.

MANUTENÇÃO

A limpeza deve ser sistemática e efetuada com esfregão de pano, apenas umedecido em água ou com pequena diluição de detergente com pH neutro ou de sabões puros. Deve-se evitar o excesso de água, bem como de produtos de limpeza abrasivos (sapólio, palha de aço) ou ainda quimicamente agressivos (ácidos em geral, álcool, querosene, acetona, soda cáustica, removedores e solventes). Qualquer substância potencialmente manchante por ataque químico ou absorção superficial, derramada sobre o revestimento, deve ser removida com a máxima rapidez. Deve-se ainda evitar o contato dos revestimentos com materiais ferruginosos oxidáveis.



QUARTZITO CINZA

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-MECÂNICAS

Porosidade	2.90%
Capacidade Térmica/ Calor Específico	$2.28 \times 10^{-6} \text{J/m}^3 \cdot \text{K}$
Resistência à Compressão Uniaxial	225 Mpa
Condutividade Térmica	4.25 W/m.K
Difusibilidade	$1.85 \times 10^{-6} \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
Radiação Ultravioleta	Baixa
Resistência à Flexão em 3 Pontos Força de Ruptura/Tensão de Ruptura	36.23KN/ 43.47Mpa
Resistência à Flexão em 4 Pontos Força de Ruptura/Tensão de Ruptura	25KN/ 160.65Mpa
Análise Química	Zr, Zn, Sr, Rb, P, Ce, Ba, K, Al
Susceptibilidade Magnética	$0.032 \times 10^{-3} \text{SI}$

DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA

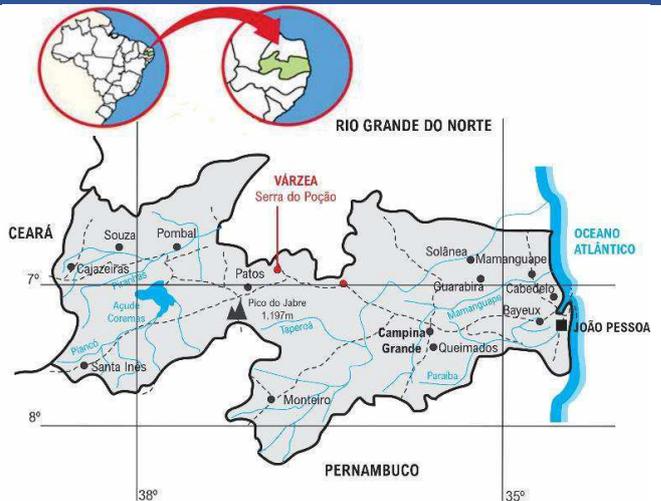
Muscovita Qzto - Qz+Musc+Feld (Op,Ep,Calc, Turm, Ap)

Rocha de cor cinza claro, levemente esverdeada com difusas manchas rosa pálido a bege e máculas irregulares e filetes intersticiais de cor cinza esverdeado. A estrutura é fortemente orientada, estirada, e com textura granolepidoblástica de granulação fina, com os maiores cristais ou agregados de cristais de mica atingindo cerca de 1 mm de comprimento, evidenciada por níveis enriquecidos em muscovita e níveis quartzosos. A deformação é caracterizada pela forte orientação das palhetas de muscovita, juntamente com fitas de quartzo. A rocha não apresenta alteração significativa e possui leve magnetismo.

Quartzo	72%	Calcita	1%
Feldspatos	10%	Opacos	1%
Muscovita	15%	Turmalina	tr
Epidoto	1%	Apatita	tr

Figura 35. Quadro-resumo dos parâmetros físico mecânicos do quartzito cinza.

ORIGEM



UTILIZAÇÃO RECOMENDADA

Esta rocha poderá ser utilizada em revestimentos interiores de paredes, divisórias, pisos, escadas, em pavimentos de baixo tráfego. Poderá ainda ser aplicada em revestimentos de exteriores, nestes casos, observar a presença de minerais férricos. Assim, recomenda-se, como medida adicional de manutenção e durabilidade, a impermeabilização para uso em fachadas e bancadas. É fundamental observar a localização geográfica da região de instalação, bem como as condições climáticas anuais.

MANUTENÇÃO

A limpeza deve ser sistemática e efetuada com esfregão de pano, apenas umedecido em água ou com pequena diluição de detergente com pH neutro ou de sabões puros. Deve-se evitar o excesso de água, bem como de produtos de limpeza abrasivos (sapólio, palha de aço) ou ainda quimicamente agressivos (ácidos em geral, álcool, querosene, acetona, soda cáustica, removedores e solventes). Qualquer substância potencialmente manchante por ataque químico ou absorção superficial, derramada sobre o revestimento, deve ser removida com a máxima rapidez. Deve-se ainda evitar o contato dos revestimentos com materiais ferruginos oxidáveis.



QUARTZITO PRATA

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-MECÂNICAS

Porosidade	-
Capacidade Térmica/ Calor Específico	$2.24 \times 10^{-6} \text{J/m}^3 \cdot \text{K}$
Resistência à Compressão Uniaxial	-
Condutividade Térmica	$3.28 \text{ W/m} \cdot \text{K}$
Difusibilidade	$1.45 \times 10^{-6} \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
Radiação Ultravioleta	-
Resistência à Flexão em 3 Pontos Força de Ruptura/Tensão de Ruptura	-
Resistência à Flexão em 4 Pontos Força de Ruptura/Tensão de Ruptura	-
Análise Química	Zr, Zn, Sr, Rb, P, La, Ce, Ba, Fe, Al
Susceptibilidade Magnética	$0.018 \times 10^{-3} \text{SI}$

DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA

Muscovita Qzto - Qz+Musc+Feld+Op (Biot)

Quartzito prateado, com a parte superior rica em palhetas bem desenvolvidas de muscovita, algumas com cor levemente dourada. Rocha pulverulenta, fácil desagregação dos cristais de mica. Foliação bem evidente, cristais de quartzo de granulação média a grossa alternados com bandas de mica prateada. Há muitos pontos pretos que correspondem a minerais opacos. A estrutura é fortemente orientada, estirada, e com textura granoblástica a lepidoblástica evidenciada pela alternância de bandas ricas em quartzo e mica. A deformação é caracterizada pela forte orientação das palhetas de muscovita em alternância com fitas de quartzo. A rocha não apresenta alteração significativa e possui magnetismo muito fraco detectado por imãs fortes.

Quartzo	60%	Opacos	4%
Feldspato	5%	Biotita	1%
Muscovita	30%		

Figura 36. Quadro-resumo dos parâmetros físico mecânicos do quartzito prata.

ORIGEM



UTILIZAÇÃO RECOMENDADA

Até o momento, a caracterização tecnológica realizada para esse litotipo prateado, tem sugerido o seu uso, predominantemente; para ambientes internos como paredes, divisórias, escadas, em pavimentos de baixo tráfego. O seu uso em ambientes externos é restrito.

MANUTENÇÃO

A limpeza deve ser sistemática e efetuada com esfregão de pano, apenas umedecido em água ou com pequena diluição de detergente com pH neutro ou de sabões puros. Deve-se evitar o excesso de água, bem como de produtos de limpeza abrasivos (sapólio, palha de aço) ou ainda quimicamente agressivos (ácidos em geral, álcool, querosene, acetona, soda cáustica, removedores e solventes). Qualquer substância potencialmente manchante por ataque químico ou absorção superficial, derramada sobre o revestimento, deve ser removida com a máxima rapidez. Deve-se ainda evitar o contato dos revestimentos com materiais ferruginosos oxidáveis.



AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao suporte recebido para a execução dos ensaios tecnológicos, das seguintes instituições: CPRM - Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais, Sede Natal/RN, UFRN - Universidade Federal do Rio Grande do

Norte através do Departamento de Geofísica (DGEF), e a UFCG - Universidade Federal de Campina Grande através da Unidade Acadêmica de Mineração e Geologia (UAMG).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT- nº C616-95. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rochas para revestimento: terminologia.1995

ALBUQUERQUE, D. M. 2017. Radiação Ultravioleta em Quartzitos Coloridos do Seridó Paraibano. Monografia (Bacharelado em Engenharia de Minas) - Universidade Federal de Campina Grande - PB. 46fls.

AMADEI, B. & STEPHANSON, O., 1997. Rock Stress and its Measurement. London: Chapman and Hall.

ARCHANJO, C. J. ; SALIM, J. 1986. Posição da Formação Seridó no contexto estratigráfico regional (RN-PB). João Pessoa: Sociedade Brasileira de Geologia - Núcleo Nordeste. Anais do XII Simpósio de Geologia do Nordeste.

ASTM - American Society for Testing and Materials. C 120 (2000): Norma para método de teste para resistência à flexão de ardósias. Filadélfia, USA.

ASTM - American Society for Testing and Materials. C 880 (1998): Norma para método de teste para resistência à flexão de rochas ornamentais. Filadélfia, USA.

BARBOSA NETO, J. F., 2016. Resistência À Compressão Uniaxial dos Quartzitos Coloridos do Seridó da Paraíba. Monografia (Bacharelado em Engenharia de Minas) - Universidade Federal de Campina Grande - PB. 40fls.

BARBOSA, M. R. V.; AGRA, M. F.; LIMA, R. B. & CUNHA, J. P. 2003. Biodiversidade na Caatinga Paraibana. Pp 91-92. In: Jardim, M.A.G.; Bastos, M.N.C; & Silva, J.U.M. (eds). Desafios da Botânica brasileira no Novo Milênio: Inventário, sistematização e Conservação da Diversidade Vegetal. MPRG, UFRA, Embrapa, Belém, 296p.

BORRADAILE, G. e JACKSON, M. 2010."Structural geology, petrofabrics and magnetic fabrics (AMS, AARM, AIRM)", Journal of Structural Geology.1-33.

BOUCHEZ, J. L. 2000. "Anisotropie de susceptibilité magnétique et fabrique des granites", Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Sciences de la Terre et des Planètes, 330: pp. 1- 14.

BOUCHEZ, J.L., 1997. Granite is never isotropic: an introduction to ASM studies of granitic rocks. In: BOUCHEZ, J.L., HUTTON, D.H.W. & STEPHENS, W.E., 1997. Granite: From Segregation of Melt to Emplacement Fabrics. Kluwer Academic Publishers, 8: 95-112.

BRITO NEVES, B. B.; VAN SCHMUS, W. R.; HACKSPACHER, P. C.; SANTOS, E. J. 1995 Geocronologia da Borborema, 1995: Os fatos e as questões abertas. In: SIMP. GEOL. NORDESTE, 16. Recife, 1995. Afav...Recife, SBG, Núcleo Nordeste (Boi. 14, V.2), p.410-413.

BUNTEBARTH, G. 1984. Geothermics - An Introduction. Springer-Verlag. Berlin Heidelberg. DOI 10.1007/978-3-642-69323-6.

CIRILO, R. S. 2016. Porosidade dos quartzitos coloridos do Seridó Paraibano. Monografia (Bacharelado em Engenharia de Minas) - Universidade Federal de Campina Grande - PB. 42fls.

CORREIA, A.; AMARAL, P.; LOPES, L.; REBOLA, P.; PINHO, P.; & CARRILHO, J. 2014. Caracterização Térmica de Rochas Ornamentais: Granitos e Calcários de Portugal Continental. 7º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia - IV Congresso de Engenharia de Moçambique (CLME2014/IVCEM), Moçambique, Art. A103602, 2 fls.

- CLAUSER, C. & HUENGES, E. 1995. Thermal conductivity of rocks and minerals. Rock physics and phase relations: a handbook of physical constants, p.105-117.
- CRPM- Serviço Geológico do Brasil. 2005a. Projeto Cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Várzea - Paraíba. Recife, CPRM/PRODEEM.
- CRPM- Serviço Geológico do Brasil. 2005b. Projeto Cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Junco do Seridó - Paraíba. Recife, CPRM/PRODEEM.
- EXPLORANIUM G. S. Limited. 1997. KT-09 Kappameter User's Guide. Exploranium Radiation Detection Systems. Rev.1. Ontario, Canada. August, 1997. Disponível em: <<https://manualzz.com/doc/7064821/kt-9-kappameter>>. Acesso em 14 de outubro de 2019.
- FERNANDES, T.M,G; Godoy, A. M. & FERNANDES, N.H. 2002. Caracterização Petrográfica, Química e Tecnológica dos Quartzitos do Centro Produtor de São Thomé das Letras, Sudoeste do Estado de Minas Gerais. Anais do III SRONE - Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste, 5 pgs, Recife.
- FERNANDES, T.M,G; Godoy, A. M. & FERNANDES, N.H. 2003. Aspectos Geológicos e Tecnológicos dos Quartzitos do Centro Produtor de São Thomé das Letras, MG. Unesp, Geociências, Vol. 22, n. 02, pgs. 129-141, São Paulo.
- FETTER, C. W. 1994. Applied Hydrogeology. Merrill Publishing Company; EUA, 3ª Ed.
- FIGUEIREDO, E., GALINDO, A.C., MOREIRA, J. & LINS, F. 2008. Condutividade térmica em rochas silicáticas cristalinas, com ênfase a rochas graníticas da Província Borborema, NE do Brasil, e sua correlação com parâmetros petrográficos e texturais. Revista Brasileira de Geofísica. 26. 10.1590/S0102-261X2008000300003.
- FILHO, C. C.; RODRIGUES, E. P. 2009. Guia de aplicação de rochas em revestimento. Projeto Bula - São Paulo: ABIROCHAS.
- FOWLER, C. 1990. The Solid Earth, Cambridge University Press, Cambridge.
- FRASCÁ, M. H. B. O. 2002. Caracterização tecnológica de rochas ornamentais e de revestimento: estudo por meio de ensaios e análises e das patologias associadas ao uso. In: Simpósio sobre Rochas Ornamentais do Nordeste, 3., 2002, Recife. Anais... Recife, PE.
- FREITAS, J. C. B., 2016. Resistência à Flexão de 3 e 4 Pontos dos Quartzitos Coloridos do Seridó Paraibano. Monografia (Bacharelado em Engenharia de Minas) - Universidade Federal de Campina Grande - PB. 40fls.
- GOMES, C. & SANT'OVAIA, 2015. Modelos de anisotropia da suscetibilidade magnética versus modelação de processos geológicos. In: NEVES, L.J.P.F., PEREIRA, A.J.S.C., GOMES, C.S.R, PEREIRA, L.C.G. & TAVARES, A.O., 2011. Modelação de sistemas geológicos: livro de homenagem ao Professor Manuel Maria Godinho, 237-246. Laboratório de Radioatividade Natural da Universidade de Coimbra. Imprensa da Universidade de Coimbra.
- GONZÁLEZ DE VALLEJO, L. I.; FERRER, M.; ORTUÑO, L. & OTEO, C. 2002. Ingeniería geológica. Prentice Hall, Madrid, 715 pp.
- HENRIQUE, A. M. E.; TELLO, J. M. S. N. 2006. Manual da pedra natural para Arquitectura. Lisboa, (Portugal): Direção Geral de Geologia e Energia. 199p.
- IBRAM, Mineração do Brasil. 2020. Faturamento do setor mineral brasileiro cresce em 2019. Disponível em: <<https://ibram.org.br/noticia/faturamento-do-setor-mineral-brasileiro-cresce-em-2019/>>. Acesso em: 28 de nov. de 2021.
- JARDIM DE SÁ, E. F., SALIM, J., 1980. Reavaliação dos conceitos estratigráficos na região do Seridó (RN-PB). Mineração e Metalurgia, 80(421):16-28.
- JARDIM DE SÁ, E. F., 1994 A Faixa Seridó (Província Borborema, NE do Brasil) e o seu significado geodinâmico na Cadeia Brasileira/Pan-Africana. Brasília, 1994. 803p. 2 mapas. Tese de doutorado, Instituto de Geociências - UnB. 803p.

- JARDIM DE SÁ, E.F.; MACEDO, M.H.F.; FUCK, R.A.; KAWASHITA, K. 1992. Terrenos proterozóicos na Província Borborema e a Margem Norte do Cráton do São Francisco. *Rev. Bras. Geoc.*, 22: 472-480.
- LIMA, M. A. B., SPISILA, A. L. & MENDES, V. A. 2017. Atlas de Rochas Ornamentais dos Estados do Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Alagoas. CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Brasília, 305p. ISBN 978-85-7499-344-7.
- LYRA, D.S. & BITENCOURT, M.F. 2016. Caracterização Magnética e Estrutural do Granito Butiá, Encruzilhada do Sul, RS. UFRGS.
- MEDEIROS, V. C., 2013. Geologia da Província Seridó. In: CPRM/UnB/SEBRAE I Seminário das Províncias Metalogenéticas Brasileiras: A Província de W-Au Seridó.
- MONGELLI, F., LODDO, M. & TRAMACERE, A. 1982. Thermal conductivity, diffusivity and specific heat variation of some travel field (Tuscany) rocks versus temperature. *Terrestrial Heat Flow Tectonophys* 83:33-43.
- RAMOS, T.M.M.A. 2009. Ensaio geomecânicos em rochas metassedimentares do maciço da Mina das Avelas (Mosteiro de Tibães): comparação, potencialidades e limitações. Dissertação de Mestrado (1010041). Instituto Superior de Engenharia do Porto. 219fls.
- SANT'OVAIA, H. e NORONHA, F. 2003. "Anisotropia da susceptibilidade magnética de granitos hercínicos portugueses: alguns exemplos." *MAGIBER II*, Coimbra.
- SANT'OVAIA, H. & NORONHA, F., 2005. Classificação de granitos hercínicos com base nas suas características petrofísicas. *Cad. Lab. Xeol. Laxe*. Coruña, 30, 87-98.
- SANTOS, L. S. A.; SOARES, W. C.; MOURA, R. S. M.; GOMES, D. A. F.; NOGUEIRA NETO, J. A. & QUAIROZ, L. C. 2017. Caracterização Tecnológica de Quartzitos do Estado do Ceará. *Revista de Geologia*, Vol. 30, nº 2, 261- 281.
- SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. 2018. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF : Embrapa, 356 p. : il. color. ; 16 cm x 23 cm.
- SARDOU FILHO, R., MATOS, G.M.M., MENDES, V. A. & FIGUEIREDO, E.R.H. 2013. Atlas de Rochas Ornamentais do estado do Espírito Santo. Escala 1:400.000 – Brasília: CPRM, Atlas (1DVD). ISBN 978-85-7499-189-4.
- SILVA, D. B. 2011. Aspectos socio-econômicos e ambientais do processo de extração de caulim no município de Junco do Seridó/PB. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Paraíba. 101fls.
- SHON, J.H. 1996. *Physical Properties of Rocks: Fundamentals and principle of petrophysics*. Ed. Pergamon. Cap 8. P. 323-378.
- SOUZA, M. M. 2015. Estudo da adição de resíduos de quartzitos para obtenção de grés porcelanato. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 97 fls.
- SOUZA, ANTONIO PEDRO F., LIMA; ARÃO DE ANDRADE; GOPINATH, TUMKUR RAJARAO & NADLER, HUGO CLIGER S. 2001. Uma abordagem Técnica e Ambiental sobre os Depósitos de Quartzitos no Estado da Paraíba. I Simpósio Brasileiro de Rochas Ornamentais; II Seminário de Rochas Ornamentais do Nordeste, 28 nov. - 01 dezembro 2001, Salvador. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, p. 95-99.
- SUGUIO, K., 2003. *Geologia Sedimentar*. Editora Edgard Blucher, São Paulo.
- VIDAL, F.W.H., BESSA, M.F. & LIMA, M.A.B. 1999. Avaliação das rochas ornamentais do Ceará através de suas características tecnológicas. Rio de Janeiro. CETEM/MCT (série Tecnológica Mineral - 74), 30 p.
- VIDAL, F. W. H.; AZEVEDO, H. C. A. & CASTRO, N. F. 2013. Tecnologia de rochas ornamentais: pesquisa, lavra e beneficiamento.- Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 700p.: il.
- VIDAL, F. W. H.; VIEIRA, F. F. e SOUSA, A. P. F. 2017. O aproveitamento do quartzito como rocha ornamental no Seridó da Paraíba e recomendações para a sustentabilidade dessa atividade. CETEM/MCT, Rio de Janeiro, 48p e Anexos.

YOUNG, H. D. (1992) University Physics, 7,
Person Addison-Wesley Publishing Company,
São Francisco.